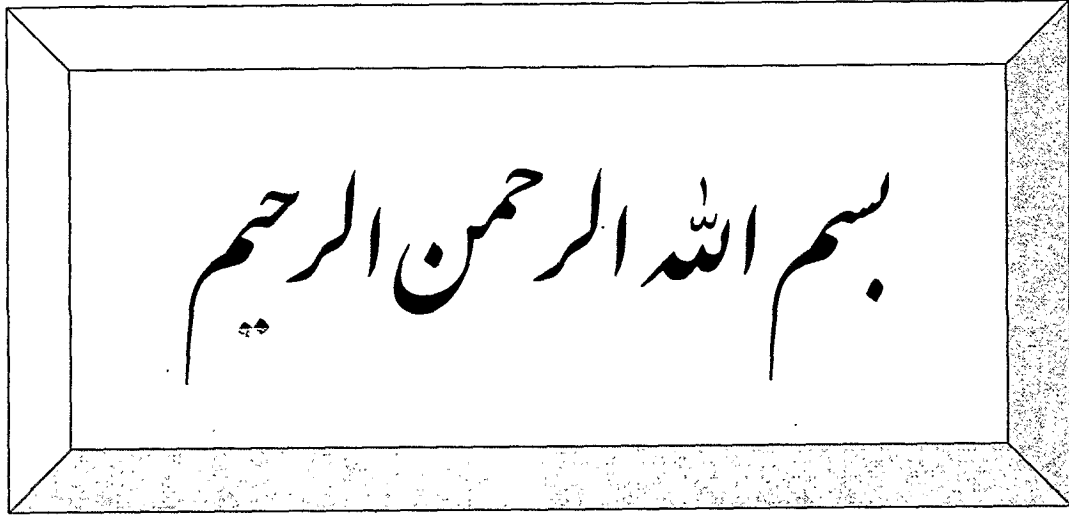


اعين
٢٩٤



١٩٩٩

۸۷۱۱۰۸۹۹۲
۸۸-۲۲

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده کشاورزی

رساله دوره دکتری مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی

تولید و تشخیص پاسخ آکوستیک گردو، برای سنجش غیرمخرب ویژگی های
فیزیکی آن به کمک شبکه های عصبی مصنوعی

افشین ایوانی

استاد راهنما:

آقای دکتر سعید مینایی

استاد مشاور:

آقای دکتر سعید ستایشی

وزارتخانه کشاورزی
توسعه منابع انسانی

۱۳۸۸ / ۱۱ / ۱۸

بهار ۱۳۸۷

۱۰۹۹۱۹



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای افشین ایوانی رساله واحدی خود را با عنوان: تولید و تشخیص پاسخ آکوستیک گردو برای سنجش غیر مخرب ویژگی های فیزیکی آن به کمک شبکه های عصبی مصنوعی در تاریخ ۱۳۸۷/۲/۱۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی پیشنهاد می کنند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	دانشیار	جناب آقای دکتر سعید مینایی	۱- استاد راهنمای اصلی
			۲- استاد راهنمای دوم
	دانشیار	جناب آقای دکتر سعید ستایشی	۳- استاد مشاور اول
			۴- استاد مشاور دوم
	استاد	جناب آقای دکتر تیمور توکلی هشتجین	۵- استاد ناظر
	دانشیار	جناب آقای دکتر محمود امید	۶- استاد ناظر
	استادیار	جناب آقای دکتر امیر علی اکبر خیاط	۷- استاد ناظر
	دانشیار	جناب آقای دکتر محمد هادی خوش تقاضا	۸- استاد ناظر
	دانشیار	جناب آقای دکتر محمد هادی خوش تقاضا	۹- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی

۱۳۸۸ / ۱ / ۱۸

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، دانش‌آموختگان 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 پایان‌نامه‌ها / 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.

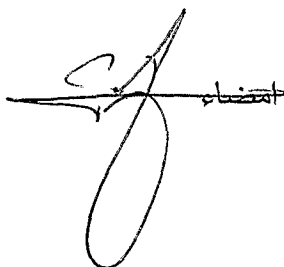
ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های 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 پایان‌نامه/ 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 ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

امضاء



نام و نام خانوادگی افشین ایوانی

آیین نامه چاپ پایان نامه (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 دانشگاه اطلاع دهد (دفتر نشر آثار علمی).

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

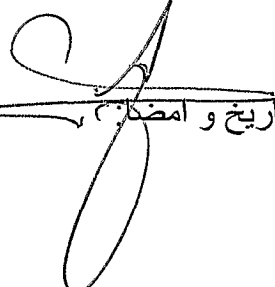
کتاب حاضر، حاصل رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر سعید مینایی، مشاوره جناب آقای دکتر سعید ستایشی از آن دفاع شده است.

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد يك درصد شمارگان کتاب در هر نوبت چاپ را به دانشگاه (دفتر نشر آثار علمی) اهدا کند دانشگاه میتواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

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

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه میتواند خسارت 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 شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب دانشجوی رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی، مقطع دکترا، تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

تاریخ و امضاء: 

نام و نام خانوادگی: افشین ایوانی

تقدیم بہ فرزند انعم:

کیا

و

کیا

سپاسگزاری

خداوند فیاض را سپاسگزارم و چهارده نور پاک الهی و "او" که بهترین معلم من بوده تا کنون.

درود و سلام خداوند بر مادرم و پدرم

که اولین معلمین من و دلسوزترین های جهانند، بی چشمداشت.

و همسر

که دو ستم بود و یاورم بود و صبورانه سالهای طولانی تحصیل را تحمل کرد.

و سپاسگزاری میکنم از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر سعید مینایی که برای به ثمر رسیدن این

پژوهش هر آنچه در اختیار داشتند خالصانه بذل کردند

و استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر سعید تاشی که حمایتگری بودند صادق.

سپاسگزارم از اساتید وارسته و بزرگوارم در بخش ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

آقایان دکتر توکلی، دکتر قبادیان و دکتر خوش تقاضا.

و سپاسگزارم از جناب آقای مهندس رضایی کیا که همیشه گره گشا بودند.

چکیده

ایران سومین تولید کننده گردوی جهان بوده و ۱۰ درصد تولید جهانی را در اختیار دارد. با این وجود سهم ایران از بازار ۱۵ میلیارد دلاری گردوی جهان، کمتر از ۰/۵ درصد است. در چند دهه اخیر با وجود افزایش تولید، همواره تمایل به خرید گردو از ایران کمتر شده است. یکی از دلایل این امر، غیریکنواختی گردوی ایرانی در مقابل تولیدات رقبای آمریکایی و چینی است. در عین حال هیچ روش مکانیزه ای برای تشخیص و درجه بندی این محصول گرانتقیمت، به ویژه در هنگامی که درون پوست سخت است، وجود ندارد. لذا در پژوهش حاضر با تکیه بر روشهای غیرمخرب آکوستیکی، روش نوینی برای تحریک آکوستیک گردو و شناسایی و تشخیص ویژگیهای فیزیکی این محصول فارغ از نوع و ورقم آن و بدون نیاز به شکستن گردو طراحی گردید. برای این منظور، سه نوع کاملاً متفاوت از گردوهای کشور با اسامی محلی کاغذی، سوزنی و بیضی که به لحاظ ساختمان ظاهری و درونی و نیز ویژگی های مغز و پوست کاملاً متفاوت هستند انتخاب شد. سپس در هر یک از زمینه های تولید، ضبط، پردازش و تشخیص صدای گردوها مطالعه و پژوهش صورت گرفت تا مناسب ترین روشها شناسایی گردد. در زمینه تولید صدای خالص گردو، یکی از روشهایی که در پژوهشهای قبلی برای پسته استفاده شده بود در کنار ۹ روش جدید، مورد مطالعه قرار گرفته و پس از شبیه سازی به روش اجزای محدود، ساخته شدند. سپس همه روشها از لحاظ آکوستیکی آزمایش گردیدند تا مناسب ترین وسیله تحریک آکوستیک گردو شناسایی شد. این روش با عنوان "سطح ماریپچ چند ضربی دوجنسی" و با نام اختصاری MISS-F معرفی گردید. ویژگی منحصر بفرد MISS-F آن است که بدون اینکه صدای خود را با صدای گردو مخلوط کند میتواند با تحریک چند باره و همه جهت گردو، صدای خالص محصول را در اختیار قرار دهد و بنابر این از منظر سامانه سنجش، کاملاً "ساکت" محسوب میشود. با مطالعه و آزمایش روشهای متفاوت تحریک صوتی، یک فناوری جدید به نام "طیف های ساندریجی" برای طراحی مولد های آکوستیکی ابداع گشت. فناوری طیفهای ساندریجی برای طراحی صداسازهای "ساکت" و تحریک کننده های آکوستیک در بیشتر محصولات غیر همگن و پیچیده کشاورزی و غیر کشاورزی قابل استفاده است. در زمینه ضبط و پردازش صدای گردوها، سامانه ای متشکل از یک طیف سنج الکترو آکوستیک با تجهیزات کامل ساخته شد که میتواند با آهنگ نمونه برداری ۱۹۲kHz و با بهره گیری از یک میکروفون ویژه اندازه گیری، با پاسخ فرکانسی یکنواخت و پیش تقویت کننده آنالوگ، صدای گردوها را به ۶۵۵۳۶ جزء فرکانسی تقسیم کرده و سپس در ۴۵۸ اکتاو، دسته بندی نماید. پردازش اکتاوهای فرکانسی به سه صورت تجزیه به مولفه های اصلی (PCA)، الگوریتمهای ژنتیک و آنالیز حساسیت، انجام شده و جهت شناسایی مشخصه های صوتی، به سامانه شبکه های عصبی مصنوعی اعمال شد. در زمینه تشخیص هوشمند نیز با طراحی آموزش و آزمون شبکه های عصبی مختلف، مناسبترین شبکه های عصبی در هر زمینه معرفی گردیدند. شبکه عصبی نهایی، از نوع پرسپترون سه لایه (۵ : ۲۳ : ۴۶۳) است. این شبکه می تواند ویژگی های فیزیکی گردوهای مورد آزمون را با دقت مطلوب، از روی صدای آنها تشخیص دهد. ضریب همبستگی پیش بینی صحیح چگالی یا پوکی گردوها توسط این شبکه ۹۵٪، برای تخمین حجم و جرم ۹۸٪ و برای تخمین کرویت ۹۹٪ می باشد. همچنین این شبکه عصبی میتواند با دقت ۹۹٪، نوع گردوها را از روی صدای آنها شناسایی کند. در عین حال شبکه عصبی دیگری برای تشخیص سلامت گردوها طراحی شد. شبکه سلامت سنج میتواند گردوهای شکسته یا لب باز، که میزبان مناسبی برای آفتهای انباری هستند را با دقت ۹۹٫۹٪ از روی صدای آنها شناسایی نماید. همچنین در این پژوهش،

یک سامانه حجم سنج صوتی طراحی و ساخته شد. این حجم سنج، برای اولین بار براساس امواج ایستای رزوناتور هلمهولتس، میتواند گردوها را با عدم قطعیت $\pm 0.5\text{CC}$ ، حجم سنجی نماید. بنابر این ضمن اینکه از روش جابجایی سیال با عدم قطعیت $\pm 2\text{CC}$ ، دقیق تر است، با سرعت 0.5 ثانیه به ازای گردو، از هر دو روش حجم سنجی مایع و گاز سریعتر می باشد. افزون بر این، حجم اجسام، بدون تماس مستقیم و بصورت کاملا غیرمخرب اندازه گیری می شود. قدرت تفکیک این وسیله اندازه گیری، 220 برابر روشهای حجم سنجی صوتی موجود در منابع بوده و برای انواع محصولات کشاورزی و صنعتی که دارای شکل های غیر هندسی و نامنظم هستند، به ویژه موادی که حجم سنجی توسط سیال برای آنها مقدور نیست، قابل و اسنجی و کاربرد است. در نهایت در این رساله ضمن شبیه سازی اجزای محدود پوسته های گردو، مطالعه نسبتا جامعی روی ویژگیهای ظاهری و ساختمان درونی مقاطع برش خورده گردو صورت گرفت. نتایج این مطالعات باعث پیشنهاد یک فرضیه در حوزة فیزیولوژی گردو بود که با عنوان فرضیه "چگالی بحرانی" (Critical Density) تشریح شده است. به طور خلاصه این فرضیه بیان میکند که مواد طبیعی سخت پوست مانند گردو که دارای مغزی نرم هستند، احتمالا در فرایند رشد فیزیولوژیک خود، از یک چگالی بحرانی گریزان بوده و از رسیدن به آن اجتناب مینمایند. بنابر این به طور خلاصه دستاوردهای این پژوهش عبارتند از: سامانه کاربردی "MISS-F" برای تحریک آکوستیک گردو، فناوری "طیفهای ساندویچی" برای ساخت صداسازهای بی صدا در مواد غیر همگن، فناوری حجم سنج صوتی با امواج ایستا و در نهایت، فناوری "گوش هوشمند گردوشناس". همچنین فرضیه "چگالی بحرانی" هم یکی از سوالاتی است که نتایج این رساله در مورد خواص فیزیکی میوه های سخت پوست مطرح کرده است.

کلمات کلیدی: گردو، آکوستیک، صوت، شبکه عصبی، جداسازی، غیرمخرب، ویژگی های فیزیکی، هلمهولتس

فهرست مطالب

ح	چکیده
ن	فهرست شکل ها
ر	فهرست جداول
۱	<u>فصل اول - مقدمه و هدف</u>
۴	<u>فصل دوم- پیشینه پژوهش</u>
۵	۱-۲- گردو و ارزش صادراتی آن
۷	۲-۲- ساختمان گردو و شکل آن
۷	۳-۲- حجم سنجی غیرمخرب
۹	۴-۲- مروری بر روشهای غیرمخرب برای ارزیابی میوه ها
۱۳	۱-۴-۲- آکوستیک و ارتعاش در خدمت بافت سنجی غیر مخرب میوه ها
۱۷	۱-۴-۲- روش آکوستیک میکروفون مبنا
۲۵	۵-۲- کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در آکوستیک کشاورزی
۲۸	<u>فصل سوم - مواد و روشها</u>
۲۹	۱-۳- تدارک نمونه ها
۳۱	۲-۳- اندازه گیری خواص فیزیکی
۳۱	۱-۲-۳- جرم
۳۱	۲-۲-۳- کرویت
۳۱	۳-۲-۳- حجم
۳۲	۱-۳-۲-۳- اندازه گیری صوتی حجم گردو با استفاده از امواج ایستای تشدید کننده هلم هولتس
۳۲	۱-۱-۳-۲-۳- مقدمه
۳۳	۲-۱-۳-۲-۳- اصول تئوری
۳۴	۳-۱-۳-۲-۳- مبانی طراحی
۳۵	۴-۱-۳-۲-۳- بسامد های فرعی رزوناتور
۳۶	۵-۱-۳-۲-۳- ساخت دستگاه و روش ارزیابی
۳۸	۴-۲-۳- مطالعه ساختمان درونی گردو
۳۹	۳-۳- چگونگی تحریک گردو برای تولید صدا
۴۰	۱-۳-۳- تولید صدای گردو به روش تک ضربی
۴۰	۱-۱-۳-۳- سطح برخورد پیرسون
۴۰	۱-۱-۱-۳-۳- سطح برخورد پیرسون معمولی UIS-P
۴۱	۲-۱-۱-۳-۳- سطح برخورد پیرسون اصلاح شده (دو جنسی) UIS-F
۴۱	۱-۲-۱-۱-۳-۳- تحلیل اجزای محدود سطح برخورد اصلاح شده پیرسون (دو جنسی)
۴۲	۲-۲-۱-۱-۳-۳- اعتبار سنجی نتایج تحلیل اجزای محدود، روی سطح برخورد اصلاح شده پیرسون
۴۲	۲-۱-۳-۳- ضربه زن دقیق قابل تنظیم AID
۴۳	۲-۳-۳- تولید صدای گردو به روش چند ضربی
۴۳	۱-۲-۳-۳- استفاده از چند سطح با شیب متغیر MIVB

۴۴	۱-۱-۲-۳-۳- شیبیه سازی سینماتیک صدا ساز چند سطحی شیب متغیر
۴۵	۲-۲-۳-۳- تولید صدای گردو با تکیه بر روش غلتیدن SRS
۴۶	۱-۲-۲-۲-۳- شیبیه سازی سینماتیک سطح صدا ساز غلتشی
۴۶	۲-۲-۲-۳-۳- تحلیل اجزای محدود سطح صدا ساز غلتشی
۴۶	۳-۲-۲-۳-۳- اعتبار سنجی نتایج تحلیل اجزای محدود برای سطح صدا ساز غلتشی
۴۷	۳-۲-۲-۳-۳- سطوح مارپیچ
۴۷	۱-۳-۲-۳-۳- شیبیه سازی سینماتیک سطوح مارپیچ
۴۷	۲-۳-۲-۳-۳- سطح صدا ساز مارپیچ اولیه (MISS-S)
۴۸	۳-۳-۲-۳-۳- سطح صدا ساز مارپیچ دو جنسی (MISS-F)
۴۹	۱-۳-۳-۲-۳-۳- تحلیل اجزای محدود دو قسمت اصلی سطح صداساز مارپیچ دو جنسی
۵۰	۲-۳-۳-۲-۳-۳- اعتبار سنجی نتایج تحلیل اجزای محدود سطح صداساز مارپیچ دو جنسی
۵۰	۴-۳- متدلوژی ضبط صدای گردو (اینتر فیس الکترو آکوستیک)
۵۰	۱-۴-۳- انتخاب میکروفون
۵۲	۲-۴-۳- انتخاب پیش تقویت کننده
۵۲	۳-۴-۳- انتخاب مبدل آنالوگ به دیجیتال
۵۴	۴-۴-۳- روش ضبط
۵۵	۵-۳- استخراج مولفه های صوتی از صدای گردو
۵۵	۲-۵-۳- طیف بسامدی صدای گردو (حوزه بسامد)
۵۷	۳-۵-۳- سایر مشخصات صوتی
۵۷	۶-۳- بانک داده ها
۵۷	۱-۶-۳- اتوماسیون بانک داده ها
۵۸	۲-۶-۳- ساختمان بانک داده
۵۸	۷-۳- پیش پردازش داده ها
۵۸	۱-۷-۳- داده های خام (بدون پیش پردازش)
۵۸	۲-۷-۳- تحلیل متغیرها
۵۹	۳-۷-۳- تحلیل نمونه ها (کیس ها)
۶۰	۸-۳- شبکه های عصبی
۶۰	۱-۸-۳- خروجی شبکه های عصبی (دایره واژگان گردو)
۶۱	۲-۸-۳- شبکه های مورد آزمون
۶۱	۳-۸-۳- الگوریتم های آموزشی مورد استفاده
۶۳	۴-۸-۳- روش بهینه سازی شبکه ها
۶۴	فصل چهارم - یافته ها و بحث
۶۷	۱-۴- خواص فیزیکی گردو ها
۶۷	۱-۱-۴- جرم
۷۱	۲-۱-۴- کرویت
۷۴	۳-۱-۴- چگالی
۷۶	۱-۳-۱-۴- فرضیه چگالی بحرانی
۷۸	۴-۱-۴- حجم

- ۸۱ ۱-۴-۱-۴-۱- حجم سنج صوتی گردو با استفاده از امواج ایستای رزوناتور هلمهولتس
- ۸۴ ۵-۱-۴-۱- مطالعه ساختمان درونی گردو
- ۸۶ ۲-۴- نتایج تحلیل اجزای محدود پوسته کروی
- ۸۹ ۳-۴- نتایج آزمون مشخصات کارت مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ۹۱ ۴-۴- ارزیابی مولدهای صدای گردو
- ۹۱ ۱-۴-۴-۱- تحلیلی بر ویژگی های ضروری سامانه های مولد صدای محصولات کشاورزی
- ۹۲ ۲-۴-۴-۲- تحلیلی بر ویژگی های ضروری سامانه های مولد صدای گردو
- ۹۵ ۳-۴-۴-۳- نتیجه روشهای تولید صوت تک ضربی
- ۹۵ ۱-۳-۴-۴-۱- سطح برخورد پیرسون UIS-P
- ۹۶ ۲-۳-۴-۴-۲- سطح برخورد اصلاح شده پیرسون (دو جنسی) UIS-F
- ۹۶ ۱-۲-۳-۴-۴-۱- تحلیل اجزاء محدود دو قسمت اصلی سطح برخورد اصلاح شده پیرسون
- ۹۹ ۲-۲-۳-۴-۴-۲- اعتبار سنجی نتایج تحلیل اجزاء محدود روی سطح برخورد اصلاح شده پیرسون
- ۱۰۰ ۴-۴-۴-۴- روش تولید صوت توسط ضربه زن دقیق قابل تنظیم AID
- ۱۰۱ ۵-۴-۴-۵- روشهای تولید صوت چند ضربی
- ۱۰۲ ۱-۵-۴-۴-۱- روش چند سطحی شیب متغیر MIVB
- ۱۰۴ ۲-۵-۴-۴-۲- روش چند ضربی با استفاده از سطح غلتشی SRS
- ۱۰۴ ۱-۲-۵-۴-۴-۱- شبیه سازی سینماتیکی سطح غلتشی
- ۱۰۵ ۲-۲-۵-۴-۴-۲- تحلیل اجزاء محدود سطح غلتشی
- ۱۰۷ ۳-۲-۵-۴-۴-۳- اعتبار سنجی نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود، روی سطح غلتشی
- ۱۰۹ ۳-۵-۴-۴-۳- سطوح مارپیچ
- ۱۰۹ ۱-۳-۵-۴-۴-۱- سطح مارپیچ ساده MISS-S
- ۱۱۰ ۲-۲-۵-۴-۴-۲- سطح مارپیچ دوجنسی MISS-F
- ۱۱۱ ۱-۲-۳-۵-۴-۴-۱- تحلیل اجزاء محدود سطح مارپیچ دوجنسی
- ۱۱۶ ۲-۲-۳-۵-۴-۴-۲- اعتبار سنجی نتایج تحلیل اجزای محدود سطح مارپیچ دوجنسی
- ۱۱۷ ۶-۴-۴-۶- نتایج آزمایش دستگا ههای مختلف مولد صدای گردو از لحاظ تکرار پذیری و صحت
- ۱۲۰ ۷-۴-۴-۷- سایر روشهای تحریک آکوستیک گردو
- ۱۲۱ ۵-۴- استخراج مؤلفه های صوتی از صدای گردو
- ۱۲۱ ۱-۵-۴-۱- استخراج مؤلفه های صوتی از صدای گردو درحوزه فرکانس
- ۱۲۳ ۱-۱-۵-۴-۱- اثر نوع گردو بر طیف بسامدی آن
- ۱۲۴ ۲-۱-۵-۴-۲- اثر شکستگی و لب باز بودن بر طیف بسامدی گردو
- ۱۲۵ ۳-۱-۵-۴-۳- اثر حجم بر طیف بسامدی گردو
- ۱۲۶ ۴-۱-۵-۴-۴- اثر جرم بر طیف بسامدی گردو
- ۱۲۸ ۵-۱-۵-۴-۵- اثر چگالی بر طیف بسامدی گردو
- ۱۲۹ ۶-۱-۵-۴-۶- اثر شکل بر طیف بسامدی گردو
- ۱۳۰ ۶-۴- شبکه های عصبی
- ۱۳۰ ۱-۶-۴-۱- شبکه های تک خروجی تخمین زننده نوع گردو
- ۱۳۴ ۱-۱-۶-۴-۱- اعتبار و صحت نتایج شبکه عصبی تشخیص دهنده نوع گردو
- ۱۳۵ ۲-۶-۴-۲- شبکه تک خروجی تشخیص دهنده سلامت گردوها

- ۱۳۹ ۳-۶-۴- شبکه های چند خروجی برای تخمین همزمان ویژگی های گردو
- ۱۴۰ ۱-۳-۶-۴- شبکه های عصبی با نورونهای ورودی ثابت
- ۱۴۰ ۱-۱-۳-۶-۴- استفاده از همه متغیرهای صوتی، برای تشخیص همه متغیرهای فیزیکی گردو
۲-۱-۳-۶-۴- استفاده از همه متغیرهای صوتی به اضافه نوع گردو، برای تشخیص همه متغیرهای فیزیکی گردو بجز نوع آن
- ۱۴۲ ۳-۱-۳-۶-۴- استفاده از همه متغیرهای صوتی به اضافه حجم گردو برای تشخیص همه متغیرهای فیزیکی گردو بجز حجم آن
- ۱۴۵ ۲-۳-۶-۴- شبکه های عصبی با نورونهای ورودی غیر ثابت
- ۱۴۸ ۱-۲-۳-۶-۴- استفاده از طیف صوتی انتخاب شده (Feature Selection)
- ۱۴۹ ۱-۱-۲-۳-۶-۴- انتخاب متغیرهای ورودی توسط الگوریتمهای ژنتیکی
- ۱۴۹ ۲-۱-۲-۳-۶-۴- انتخاب متغیرهای ورودی توسط روش تحلیل حساسیت
- ۱۵۳ ۲-۲-۳-۶-۴- استفاده از فاکتورهای استخراج شده از طیف صوتی (Feature Extraction)
- ۱۵۶ ۴-۶-۴- شبکه عصبی منتخب، برای تشخیص ویژگیهای گردو
- ۱۵۹ ۷-۴- جمع بندی نتایج رساله
- ۱۶۲ ۱-۷-۴- طراحی حجم سنج صوتی بر اساس امواج ایستای رزوناتور هلمهولتس
- ۱۶۳ ۲-۷-۴- ارایه فرضیه چگالی بحرانی در میوه های سخت پوست
- ۱۶۵ ۳-۷-۴- جمع بندی روشهای مختلف و معرفی سخت افزار مناسب تولید صدای خالص گردو
- ۱۶۶ ۴-۷-۴- تکنیک ساخت مولد های صوت در محصولات کشاورزی بر اساس "طیفهای ساندویچی"
- ۱۶۷ ۵-۷-۴- بسامد امضای گردو
- ۱۶۹ ۶-۷-۴- اثر متغیرهای تاثیرگذار بر صدای گردو
- ۱۷۱ ۷-۷-۴- معرفی شبکه های عصبی مناسب برای استخراج مشخصات صدای گردو
- ۱۷۲ **فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادها**
- ۱۷۲ ۱-۵- نتیجه گیری
- ۱۷۲ ۱-۱-۵- طراحی حجم سنج صوتی بر اساس امواج ایستای رزوناتور هلمهولتس
- ۱۷۲ ۲-۱-۵- ارایه فرضیه چگالی بحرانی در میوه های سخت پوست
- ۱۷۳ ۳-۱-۵- جمع بندی روشهای مختلف و معرفی سخت افزار مناسب تولید صدای خالص گردو
- ۱۷۳ ۴-۱-۵- تکنیک ساخت مولد های صوت در محصولات کشاورزی بر اساس "طیفهای ساندویچی"
- ۱۷۳ ۵-۱-۵- بسامد امضای گردو
- ۱۷۳ ۶-۱-۵- اثر متغیرهای تاثیرگذار بر صدای گردو
- ۱۷۴ ۷-۱-۵- معرفی شبکه های عصبی مناسب برای استخراج مشخصات صدای گردو
- ۱۷۴ ۲-۵- پیشنهادها
- ۱۷۶ **منابع**

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲ (آمار ۴۰ ساله گردو در ایران (نرمال شده). نشان دهنده کاهش شدید صادرات علی رغم روند صعودی تولید و بهبود نسبی عملکرد [۲۱]
- ۵
- شکل ۲-۲ (آمار ۴۰ ساله گردو در آمریکا (نرمال شده). نشان دهنده سیر صعودی صادرات در کنار افزایش تولید و عملکرد [۲۱]
- ۵
- شکل ۳-۲ تمایل خرید گردوی سالم نسبت به مغزگردو توسط آلمان، بزرگترین واردکننده گردو در جهان [۲۱]
- ۶
- شکل ۴-۲ (شکلهای متفاوت میوه گردو که به لحاظ تنوری ممکن است روی خواص آکوستیک آن تاثیر گذار باشند) [۱۸].
- ۷
- شکل ۵-۲ (منابع تشدید هلمهولتس متعلق به دانشگاههای مختلف، برای تفکیک بسامد.
- ۸
- شکل ۶-۲ دقت فوق العاده حجم سنج صوتی در تعیین حجم مایعاتی مثل آب [۷۲]
- ۹
- شکل ۷-۲ انگشت مکانیکی [۶۷]
- ۱۰
- شکل ۸-۲ بررسی تغییر حالت غیر مخرب میوه در اثر اعمال نیرو [۴۲، ۴۳]
- ۱۰
- شکل ۹-۲ روش « دمش لیزری» برای تشخیص استحکام یا سفتی میوه [۷۷]
- ۱۱
- شکل ۱۰-۲ روش درجه بندی نرم، به عنوان یک روش غیرمستقیم ارزیابی سفتی [۸۲]
- ۱۱
- شکل ۱۱-۲ استفاده از نیروی ضربه برای ارزیابی کیفیت میوه ها [۳۷]
- ۱۲
- شکل ۱۲-۲ چگونگی ارتباط شاخصهای C1, C2 به ویژگی های هندسی منحنی پاسخ میوه در مواجهه با نیروی ضربه ای [۳۷]
- ۱۲
- شکل ۱۳-۲ تخمین ویژگی میوه ها بصورت غیر مخرب توسط روش فرا صوتی [۴۳]
- ۱۳
- شکل ۱۴-۲ اساس روش کیفیت سنجی غیر مخرب میوه مبتنی بر شتاب سنج [۸۲]
- ۱۴
- شکل ۱۵-۲ شکل واقعی ماشین تجاری کیفیت سنج مبتنی بر شتاب سنج [۸۲]
- ۱۴
- شکل ۱۶-۲ پاسخ آکوستیک میوه به ضربه غیرمخرب. الف) شکل سمت راست در حوزه بسامد. ب) شکل سمت چپ در حوزه زمان [۸۲]
- ۱۵
- شکل ۱۷-۲ چکش های میله ای کوچک به عنوان تحریک کننده میوه ها برای اخذ پاسخ آکوستیک آنها [۸۲]
- ۱۵
- شکل ۱۸-۲ دستگاه آزمایشگاهی فیرمالون که توسط لایه پیزوالکتریک، پاسخ آکوستیک میوه ها را آشکار میکند [۸۳]
- ۱۶
- شکل ۱۹-۲ روند نسبتاً خطی کاهش شاخص آکوستیک تعداد ۲۰ عدد سیب، نسبت به زمان نگه داری در انبار [۸۲]
- ۱۶
- شکل ۲۰-۲ روند شبه لگاریتمی کاهش شاخص آکوستیک تعداد ۲۰ عدد گلابی، نسبت به زمان نگه داری در انبار [۸۲]
- ۱۶
- شکل ۲۱-۲ همبستگی ضعیف، بین روش انگشت مکانیکی (MT) و روش آکوستیکی (FI) در سیب [۸۲]
- ۱۷
- شکل ۲۲-۲ واکنش منطقی تر برای روش آکوستیکی (FI)، نسبت به کاهش کیفیت میوه، نسبت به روش مکانیکی (MT) [۸۲]
- ۱۷
- شکل ۲۳-۲ اساس روش میکروفون مبنا، یعنی استفاده از میکروفون برای دریافت پاسخ آکوستیک میوه [۳۶]
- ۱۸
- شکل ۲۴-۲ مقایسه ارتباط بین شاخص استحکام میوه در دو روش آکوستیک میکروفون مبنا و روش لایه پیزو الکتریک [۴۴]
- ۱۸
- شکل ۲۵-۲ بسامد های امضای معمول در سیب و هندوانه [۳۳ و ۴۱]
- ۱۹
- شکل ۲۶-۲ مقایسه بزرگترین بسامد امضا، در برخی اجسام
- ۱۹
- شکل ۲۷-۲ یک نمونه آرمانی از گوش های مصنوعی هوشمند برای تشخیص رسیدگی میوه ها قبل از برداشت [۸۲]
- ۲۰

- شکل ۲- ۲۸) طرح واره سامانه آکوستیک برای تفکیک غیر مخرب پسته های خندان [۷۵]
- شکل ۲- ۲۹) اختلاف بین طیفهای آکوستیک پسته های دهان بسته و خندان [۷۵]
- شکل ۲- ۳۰) الگوی دریافت همه جهته در میکروفون های اندازه گیری نسبت به الگوی دریافت جهت دار در میکروفون های استودیو [۱۹]
- شکل ۲- ۳۱) حساسیت یکسان میکروفونهای اندازه گیری به تمام بسامدها نسبت به (پایین) حساسیت متغیر میکروفون های معمولی [۱۹]
- شکل ۲- ۳۲) اثر دما بر عدم یکنواختی پاسخ بسامدی یک میکروفون خاص [۱۹]
- شکل ۲- ۳۳) اختلاف بسامد مشخصه گلابی های سالم نسبت به گلابی های سوراخ دار [۸۱]
- شکل ۳- ۱) شکل ظاهری نمونه هایی از سه نوع گردوی انتخاب شده
- شکل ۳- ۲) الف) شماره گذاری و استقرار هر گردو در خانه مستقل بمنظور قابل ردیابی بودن هر تکدانه ب) نمایی از گردوهای خانه بندی شده در کل.
- شکل ۳- ۳) ابعاد اصلی اندازه گیری شده گردو ها برای محاسبه کرویت
- شکل ۳- ۴) قسمتهای اصلی یک رزوناتور هلمهولتس
- شکل ۳- ۵) روند تغییرات M در معادله ۳-۴-ب، نسبت به طول گلوبی رزوناتور (L)
- شکل ۳- ۶) چگونگی تغییرات بسامد اصلی رزوناتور نسبت به یکی از بسامدهای فرعی آن، هنگامی که حجم جسم درون رزوناتور تغییر میکند
- شکل ۳- ۷) شکل شماتیک دستگاه حجم سنج صوتی در کنار شکل واقعی دستگاه ساخته شده
- شکل ۳- ۸) نمودار روند نمای عملیات انجام شده در دستگاه حجم سنج صوتی.
- شکل ۳- ۹) گره های گلی با حجم دقیق، که برای کالیبراسیون حجم سنج صوتی مورد استفاده قرار گرفت.
- شکل ۳- ۱۰) گردوهایی که برای ارزیابی حجم سنج صوتی مورد استفاده قرار گرفت در حجمها و وارپته های مختلف.
- شکل ۳- ۱۱) الف- سطح صدا ساز ساده که توسط پیرسون برای پسته استفاده شده [۷۵] و ب) - مشابه آن که در پژوهش حاضر با همان ابعاد برای گردو ساخته شد
- شکل ۳- ۱۲) سطح صدا ساز تک ضربی دو جنسی پیرسون (تصویر واقعی در کنار طرحواره با ابعاد و زاویه ها)
- شکل ۳- ۱۳) الف) نمودار روند نمای ضربه زن دقیق قابل تنظیم در کنار ب) شکل کامل واقعی ج) شکل بزرگ شده چکش، گردو و میکروفون د) مدار فرمان و کنترل سرعت ضربه.
- شکل ۳- ۱۴) شکل شماتیک صدا ساز چند سطحی شیب متغیر
- شکل ۳- ۱۵) شکل واقعی صدا ساز چند سطحی شیب متغیر
- شکل ۳- ۱۶) طرح و ابعاد دستگاه صدا سازی به روش غلتش
- شکل ۳- ۱۷) تصویر واقعی دستگاه ساخته شده برای تولید صدای گردو به روش غلتش
- شکل ۳- ۱۸) طرحواره و ابعاد دستگاه صدا ساز مارپیچ اولیه (MISS-S)
- شکل ۳- ۱۹) شکل شماتیک مارپیچ دو جنسی (MISS-F) با ابعاد حاصل از شبیه سازی
- شکل ۳- ۲۰) ابزار اطوماندن برای صیقلی کردن سطح تراش خورده محمل حرکت گردو درون فوم
- شکل ۳- ۲۱) پیچها و پونزهای فلزی که به عنوان مانع و تحریک کننده های گردو شبیه سازی شده و آزمایش گردیدند
- شکل ۳- ۲۲) نمای ظاهری و ویژگی های الکتروآکوستیک میکروفون مورد استفاده
- شکل ۳- ۲۳) همه جهته بودن میکروفون مورد استفاده
- شکل ۳- ۲۴) یکسان بودن حساسیت میکروفون مورد استفاده به بسامدهای مختلف

- شکل ۳- ۲۵) نمای ظاهری و مشخصات پیش تقویت کننده آنالوگ سامانه الکترو آکوستیک.
- شکل ۳- ۲۶) تصویرمبدل آنالوگ به دیجیتال مورد استفاده (WAVETERMINAL ۱۹۲X).
- شکل ۳- ۲۷) الگوریتم نمایش دهنده روش ضبط پاسخ آکوستیک گردها، روی سخت افزار صداساز MISS-F
- شکل ۳- ۲۸) ثابت ماندن تقریبی روند کاهش خطا در فرآیند آموزش، که تعداد تکرار ثابت را دیکته میکند
- شکل ۳- ۲۹) منحنی خطای پیش بینی، نسبت به تعداد نوروهای لایه مخفی تحت تکرار ثابت.
- شکل ۴- ۱) فراوانی نسبی گردهای مورد آزمون از نظر نوع
- شکل ۴- ۲) توزیع فراوانی جرمی گردهای مورد آزمایش بدون در نظر گرفتن نوع
- شکل ۴- ۳) مقایسه میانگین و انحراف معیار جرم گردهای مختلف
- شکل ۴- ۴) پراکندگی جرمی انواع مختلف گردو در مقایسه با منحنی نرمال.
- شکل ۴- ۵) پراکندگی کرویت گردها، همراه با برخی از مهمترین مقادیر آماری نمونه ها
- شکل ۴- ۶) میانگین و انحراف معیار کرویت در گردهای مختلف
- شکل ۴- ۷) پراکندگی و توزیع کرویت در گردها به تفکیک نوع
- شکل ۴- ۸) پراکندگی چگالی گردو ها
- شکل ۴- ۹) مقایسه میانگین و انحراف معیار چگالی گردهای مختلف
- شکل ۴- ۱۰) توزیع فراوانی چگالی گردو ها به تفکیک نوع
- شکل ۴- ۱۱) هیستوگرام نود قسمتی چگالی گردهای بیضی و سوزنی برای بررسی صحت فرضیه " چگالی بحرانی" در گردو.
- شکل ۴- ۱۲) توزیع فراوانی حجم گردها
- شکل ۴- ۱۳) مقایسه میانگینها و انحراف معیار حجم گردهای مختلف
- شکل ۴- ۱۴) توزیع فراوانی حجم گردو ها به تفکیک نوع
- شکل ۴- ۱۵) رگرسیون غیرخطی (شکل سمت چپ) و خطی (راست)، بین حجم کره های شاهد و فرکانس تشدید فرعی رزوناتور
- شکل ۴- ۱۶) ارزیابی روش حجم سنجی صوتی برای گردو و اعتبار سنجی مدل غیرخطی برای آن (سمت راست) در مقایسه با کره های شاهد، با حجم معین (سمت چپ).
- شکل ۴- ۱۷) مقایسه مقطع عرضی گردوی کاغذی و سوزنی. به وجود فضاهای خالی در گردوی کاغذی (الف) و وجود لایه سخت نگهدارنده مغز در گردوی سوزنی (ب) دقت شود.
- شکل ۴- ۱۸) مطالعه روند خشک شدن یک گردوی کاغذی نیمه رسیده (بالا).
- شکل ۴- ۱۹) قسمت درونی پوسته گردهای کاغذی (بالا) و سوزنی (پایین).
- شکل ۴- ۲۰) ابعاد کره ها و بیضوی شبیه سازی شده و حروف مشخص کننده هر یک
- شکل ۴- ۲۱) مدل های مش بندی شده برای کره و بیضوی به همراه مشخصات مکانیکی مفروض برای شبیه سازی [۲۰]
- شکل ۴- ۲۲) اثر حجم، ضخامت پوسته، پوک یا پر بودن و کرویت، بر تغییرات مدال پوسته های کره و شبه کره (روش اجزای محدود)
- شکل ۴- ۲۳) منحنی پاسخ بسامدی کارت مورد استفاده در این پژوهش (شکل بالا)، نسبت به کارتهای حرفه ای موجود در بازار ایران (شکلهای پایین)
- شکل ۴- ۲۴) صدای قسمتهای مختلف پوسته گردو (به اختلاف زیاد طیف بسامدی قسمتهای مختلف توجه شود)

- شکل ۴- ۲۵) محمل شیب دار ابری و قطعه فولادی ضربه زن در سطح برخورد اصلاح شده پیرسون به همراه مشخصات مکانیکی آنها. ۹۷
- شکل ۴- ۲۶) نتایج بدست آمده از تحلیل مودال به روش اجزای محدود برای مکعب فولادی پیرسون ۹۷
- شکل ۴- ۲۷) تغییر شکل سه مد اول ارتعاشی مکعب فولادی و بسامدهای مشخصه آنها (مقادیر سایر مدها در جدول آمده است). ۹۸
- شکل ۴- ۲۸) نتایج بدست آمده از تحلیل مودال به روش اجزای محدود برای بستر ابری که ۵۰ بسامد اول ارتعاشی این سطح را نمایش میدهد. ۹۸
- شکل ۴- ۲۹) تغییر شکل سه مد اول بستر ابری و بسامدهای مشخصه آنها (مقادیر سایر مدها در جدول آمده است). ۹۹
- شکل ۴- ۳۰) اندازه گیری طیف مشخصه مربوط به مکعب فولادی پیرسون جهت مقایسه با نتایج تحلیل اجزاء محدود ۱۰۰
- شکل ۴- ۳۱) تکرار پذیری ضربه زن دقیق (AID) نسبت به روش پیرسون اصلاح شده (UIS). ۱۰۱
- شکل ۴- ۳۲) چگونگی تغییر زاویه و فاصله صفحات صدا ساز برای کنترل سرعت توالی و شدت ضربات. ۱۰۲
- شکل ۴- ۳۳) قسمتی از نتایج شبیه سازی های سینماتیکی مولد صدای گردو از نوع "چند سطحی شیب متغیر" که منجر به تعیین مناسبترین ابعاد برای ساخت وسیله شد. ۱۰۳
- شکل ۴- ۳۴) مکانیزم تولید صوت غلتشی ۱۰۵
- شکل ۴- ۳۵) مدل مش بندی شده سطح غلتش به همراه مشخصات آن جهت تحلیل اجزا محدود ۱۰۵
- شکل ۴- ۳۶) سه مد اول سطح غلتش و بسامدهای مشخصه آنها (مقادیر سایر مدها در جدول آمده است). ۱۰۶
- شکل ۴- ۳۷) تعداد انبوه و پیوستگی نسبی بسامدهای ارتعاشی سطح غلتش که استفاده از آن را در طیف سنجی جسم ثانویه (گردو) غیر ممکن می سازد. ۱۰۷
- شکل ۴- ۳۸) نتیجه اندازه گیری طیف بسامدی سطح غلتش. به فراوانی و پیوستگی نسبی قله های بسامدی در تمام دامنه طیف توجه شود. ۱۰۸
- شکل ۴- ۳۹) طرحهای پیشنهادی برای اصلاح سطح غلتش که عمدتاً نتایج ضعیفی ارایه کردند. ۱۰۸
- شکل ۴- ۴۰) شکل واقعی دستگاه ساخته شده تحت عنوان صدا ساز ماریپچ اولیه (MISS-S) ۱۱۰
- شکل ۴- ۴۱) شکل دستگاه ساخته شده صداساز ماریپچ دو جنسی (MISS-F) که موانع تحریک مکانیکی گردو نیز در آن مشخص است. ۱۱۱
- شکل ۴- ۴۲) پیچ انتخاب شده به عنوان ضربه زن و باز آفرینی آن بصورت کامپیوتری برای شبیه سازی مودال ۱۱۲
- شکل ۴- ۴۳) مدل مش بندی شده سطح غلتش به همراه مشخصات آن جهت تحلیل اجزا محدود ۱۱۲
- شکل ۴- ۴۴) نحوه پراکندگی و مقادیر تقریبی بسامدهای مودال بستر ابری ماریپچ برای ۷۵ مد اول. ۱۱۳
- شکل ۴- ۴۵) نحوه پراکندگی و مقادیر تقریبی بسامدهای مودال پیچهای تحریک کننده. ۱۱۴
- شکل ۴- ۴۶) شکل سه مد اول پیچهای تحریک کننده و بسامدهای مشخصه آنها (مقادیر سایر مدها در جدول آمده است). ۱۱۴
- شکل ۴- ۴۷) شکل سه مد اول محمل ابری ماریپچ و بسامدهای مشخصه آنها (مقادیر سایر مدها در جدول آمده است). ۱۱۵
- شکل ۴- ۴۸) طیف سنجی واقعی مربوط به پیچهای ضربه زن فولادی، جهت مقایسه با نتایج تحلیل اجزاء محدود. ۱۱۶
- شکل ۴- ۴۹) منحنی های طیف ذاتی انواع دستگاههای تولید صوت (هر یک در ۱۰ تکرار) ۱۱۷
- شکل ۴- ۵۰) مقایسه آماری قابلیت تکرار پذیری روشهای مختلف صدا سازی برای گردو ۱۱۸
- شکل ۴- ۵۱) واکنش اندک سطح ماریپچ ساده نسبت به جسم مورد آزمایش. (بالا) ساچمه فولادی. (پایین) گردوی کاغذی ۱۱۹
- شکل ۴- ۵۲) واکنش متفاوت سطح صداساز ماریپچ دو جنسی MISS-F نسبت به اجسام مورد آزمون. (بالا) ساچمه فولادی. (پایین) گردوی کاغذی. ۱۲۰

- شکل ۴-۵۳) صدای قسمت‌های مختلف پوسته گردو در حوزه بسامد. به اختلاف زیاد طیف بسامدی قسمت‌های مختلف توجه شود. ۱۲۲
- شکل ۴-۵۴) طیف غالب پاسخ آکوستیک گردو که توسط MISS-F تولید شده است. ۱۲۳
- شکل ۴-۵۵) اثر نوع گردو بر جابجایی طیف بسامدی آن ۱۲۴
- شکل ۴-۵۶) اثر شکستگی و لب باز بودن بر طیف بسامدی گردو ۱۲۴
- شکل ۴-۵۷) محدوده‌های دسته بندی گردوها از نظر حجم برای مطالعه اثر حجم بر طیف ۱۲۵
- شکل ۴-۵۸) اثر حجم بر طیف بسامدی گردو ۱۲۶
- شکل ۴-۵۹) محدوده‌های دسته بندی گردوها از نظر جرم، برای مطالعه اثر جرم بر طیف ۱۲۷
- شکل ۴-۶۰) طیف غالب پاسخ آکوستیک گردوهای سنگین، سبک و متوسط ۱۲۷
- شکل ۴-۶۱) محدوده‌های دسته بندی گردوها از نظر چگالی، برای مطالعه اثر این پارامتر بر طیف ۱۲۸
- شکل ۴-۶۲) طیف غالب پاسخ آکوستیک گردوهای پوک، متوسط و پر ۱۲۹
- شکل ۴-۶۳) محدوده‌های دسته بندی گردوها از نظر درصد کرویت، برای مطالعه اثر این پارامتر بر طیف ۱۲۹
- شکل ۴-۶۴) اثر کرویت گردو بر طیف بسامدی آن ۱۳۰
- شکل ۴-۶۵) شبکه پرسپترون ۳ لایه ای تخمین زننده نوع گردو از طریق ۳۸۴ بسامد طیفی و ۳ متغیر دیگر موجود در صدای گردوها. ۱۳۲
- شکل ۴-۶۶) شباهت ظاهری گردوی کاغذی K۴۹۹ به گردوی سوزنی. این گردو تنها گردوی کاغذی بود که توسط شبکه عصبی، یک گردوی سوزنی تشخیص داده شد. ۱۳۵
- شکل ۴-۶۷) شکل شبکه عصبی MLP۳ برای تشخیص سلامت گردو ها ۱۳۷
- شکل ۴-۶۸) روند کاهش تدریجی خطای تشخیص سلامت گردوها در فرایند آموزش شبکه ۱۳۸
- شکل ۴-۶۹) شبکه پرسپترون ۳ لایه ای تخمین زننده همزمان همه متغیرهای فیزیکی از طریق همه بسامدهای طیفی وسایر متغیرهای موجود در صدای گردو ۱۴۰
- شکل ۴-۷۰) روند کاهش تدریجی خطای پیش بینی در فرایند آموزش شبکه A,A ۱۴۱
- شکل ۴-۷۱) شبکه پرسپترون ۳ لایه ای تخمین زننده همزمان همه متغیرهای فیزیکی به جز نوع گردو ۱۴۳
- شکل ۴-۷۲) روند کاهش تدریجی خطای پیش بینی شبکه (A+T,A-T) در فرایند آموزش ۱۴۴
- شکل ۴-۷۳) شبکه پرسپترون ۳ لایه ای تخمین زننده همزمان همه متغیرهای فیزیکی به جز حجم گردو که همراه همه بسامدهای طیفی وسایر متغیرهای موجود در صدای گردوها به عنوان ورودی به شبکه داده شده است. ۱۴۶
- شکل ۴-۷۴) روند کاهش تدریجی خطای پیش بینی در فرایند آموزش شبکه (A+V,A-V) ۱۴۶
- شکل ۴-۷۵) شبکه پرسپترون ۳ لایه ای تخمین زننده همزمان همه متغیرهای فیزیکی گردو از روی طیف صوتی انتخاب شده به روش ژنتیک الگوریتم. ۱۵۱
- شکل ۴-۷۶) روند کاهش تدریجی خطای پیش بینی در فرایند آموزش شبکه GA ۱۵۱
- شکل ۴-۷۷) شبکه عصبی MLP۳ با ۲۰۲ متغیر ورودی برای پیش بینی همزمان خواص فیزیکی گردوها ۱۵۳
- شکل ۴-۷۸) آهنگ تدریجی کاهش خطای پیش بینی در فرایند آموزش شبکه SA ۱۵۵
- شکل ۴-۷۹) روند کاهش واریانس موجود در فاکتورهای استخراج شده از اکتاوهای بسامدی ونقطه منتخب ۱۵۷
- شکل ۴-۸۰) شبکه عصبی MLP۳، مبتنی بر روش تجزیه به مولفه های اصلی با نام اختصاری PA ۱۵۷
- شکل ۴-۸۱) روند کاهش خطای پیش بینی متغیرهای فیزیکی گردو توسط شبکه عصبی PA ۱۵۸
- شکل ۴-۸۲) مقایسه شبکه های عصبی مختلف از لحاظ تخمین صحیح خواص فیزیکی گردو(تعریف کد ها در بخش ۱۶۰

- شکل ۴-۸۳) مقایسه شبکه های عصبی مختلف از لحاظ درصد تشخیص صحیح نوع گردو
- شکل ۴-۸۴) اساس دستگاه های مولد صدای خالص مواد، مبتنی بر روش طیف های ساندویجی
- شکل ۴-۸۵) الگوریتم طراحی، ساخت و ارزیابی صداساز چند برخورداردی همه جهته ساندویجی (MISS-F) برای محصولات کشاورزی
- شکل ۴-۸۶) بسامدهای امضای گردو (D)، در کنار بسامد امضای سایر محصولات کشاورزی. A: سیب زمینی، B, B':
- گلابی، C: پسته دهان باز، C': پسته دهان بسته (برای منابع شکل ۲-۲۶ را ببینید)
- شکل ۴-۸۷) روند تغییرات بسامدهای امضای گردو نسبت به تغییر خواص فیزیکی آن
- شکل ۴-۸۸) روند تغییرات شدت یا بزرگی بسامدهای امضای گردو نسبت به تغییر خواص فیزیکی آن
- شکل ۴-۸۹) افزایش ضریب تعیین شبکه عصبی منتخب (AA) در پیش بینی خواص فیزیکی گردوها، هنگام اعمال تربیت اضافی
- شکل ۴-۹۰) کاهش درصد تشخیص صحیح نوع گردوها توسط شبکه منتخب، هنگام اعمال تربیت اضافی

فهرست جدول ها

۵۴	جدول ۳-۱ (مشخصات اعلام شده کارخانه برای میدل آنالوگ به دیجیتال ۱۹۲x Waveterminal
۵۶	جدول ۳-۲ (قابلیت و کاربرد هر یک از پنجره های اعوجاج گیر مرسوم در تبدیل فوریه [۳۵ و ۵۰]
۵۶	جدول ۳-۳ (ویژگی های پس پردازش
۶۳	جدول ۳-۴ (نمونه ای از جدول خطای پیش بینی، نسبت به تعداد نوروهای لایه مخفی، با تعداد تکرار ثابت.
۸۱	جدول ۴-۱ (جدولهای واسنجی دستگاه حجم سنج صوتی و عدم قطعیت پیشینه در برآورد حجم توسط آنها
۸۲	جدول ۴-۲ (نتایج آزمون t بین حجم سنج صوتی و حجم محاسبه شده برای کره های شاهد
۸۹	جدول ۴-۳ (نتیجه اندازه گیری ویژگیهای الکترو آکوستیک میدل آنالوگ به دیجیتال مورد استفاده
۱۳۱	جدول ۴-۴ (مناسب ترین شبکه های تخمین زنده نوع گردویه ترتیب خطای پیش بینی.
۱۳۱	جدول ۴-۵ (مناسبترین شبکه های پرسپترون ۳ لایه ای برای تشخیص نوع گردو
۱۳۳	جدول ۴-۶ (لیست متغیرهای انتخاب شده به عنوان نوروهای ورودی شبکه تخمین زنده نوع گردو به انضمام رتبه هر یک در این شبکه (۳۸۴ بسامد و سه متغیر صوتی دیگر).
۱۳۳	جدول ۴-۷ (مناسبترین الگوریتم های آموزشی برای شبکه تشخیص دهنده نوع گردو
۱۳۴	جدول ۴-۸ (نتایج پیش بینی نوع گردو (نمونه های آموزشی و اعتبار سنجی).
۱۳۵	جدول ۴-۹ (نتیجه آزمایش نهایی شبکه تک خروجی تشخیص دهنده نوع گردو
۱۳۶	جدول ۴-۱۰ (مناسب ترین ساختارهای شبکه تشخیص دهنده سلامت گردو
۱۳۸	جدول ۴-۱۱ (خطای آموزش، اعتبار سنجی و آزمایش، برای شبکه تشخیص دهنده سلامت گردو.
۱۴۱	جدول ۴-۱۲ (تحلیل خطای شبکه A,A در پیش بینی متغیرهای عددی، به تفکیک نمونه ها.
۱۴۲	جدول ۴-۱۳ (توانایی شبکه عصبی A,A برای تشخیص نوع گردو از روی صدای آن
۱۴۴	جدول ۴-۱۴ (آنالیز خطای شبکه (A+T,A-T) در پیش بینی متغیرهای خروجی به تفکیک نمونه های آموزشی، اعتباری و آزمایشی
۱۴۷	جدول ۴-۱۵ (تحلیل خطای شبکه (A+V,A-V) در پیش بینی متغیرهای خروجی به تفکیک نمونه های آموزشی، اعتباری و آزمایشی. در این شبکه حجم گردو به عنوان ورودی به شبکه داده شده است.
۱۴۸	جدول ۴-۱۶ (توانایی شبکه در تشخیص نوع گردو
۱۴۹	جدول ۴-۱۷ (فهرست متغیرهای انتخاب شده توسط الگوریتمهای ژنتیک به انضمام اهمیت هر یک
۱۵۲	جدول ۴-۱۸ (تحلیل خطای شبکه GA به تفکیک نمونه های آموزشی، اعتباری و آزمایشی.
۱۵۲	جدول ۴-۱۹ (توانایی شبکه عصبی GA برای تشخیص نوع گردو از روی صدای آن
۱۵۳	جدول ۴-۲۰ (فهرست متغیرهای انتخاب شده توسط تحلیل حساسیت به انضمام اهمیت هر یک در شبکه
۱۵۵	جدول ۴-۲۱ (تحلیل خطای شبکه عصبی SA در پیش بینی خواص فیزیکی گردوها
۱۵۶	جدول ۴-۲۲ (توانایی تشخیص نوع گردوها توسط شبکه عصبی SA به تفکیک نمونه های آموزشی، اعتبار سنجی و آزمایشی
۱۵۸	جدول ۴-۲۳ (تحلیل خطای شبکه عصبی PA در پیش بینی خواص فیزیکی گردوها
۱۵۹	جدول ۴-۲۴ (توانایی تشخیص نوع گردوها توسط شبکه عصبی SA
۱۶۴	جدول ۴-۲۵ (جمع بندی روشهای تولید صدای گردو که در این رساله مورد طراحی، ساخت و ارزیابی قرار گرفت
۱۶۹	جدول ۴-۲۶ (مقادیر دقیق تغییرات بسامدهای مشخصه گردو نسبت به تغییر خواص فیزیکی آن به طور نسبی.