بسم الله الرحمن الرحیم

آیین نامه 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- حق نشر و تکثیر پایان نامه / رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

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 با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد .ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می 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 و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها 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 آیین نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم الاجرا است.

"اینجانب حسین باقرپور دانشجوی رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی مقطع دکتری دانشکده کشاورزی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آیین نامه حق مالکیت و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آیین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع به نام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدین وسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم".

نام و نام خانوادگی:

امضاء

آیین نامهٔ چاپ پایان نامه(رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

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

مادّه ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به **دفتر نشر آثار علمی** دانشگاه اطلاع دهد.

مادّه ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:
" کتاب حاضر، حاصل رسالهٔ دکتری نگارنده در رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی است که در سال ۱۳۹۲ در دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی جناب آقای دکتر سعید مینایی، مشاورهٔ جناب آقای دکتر محمد عبدالهیان نوقابی و مشاورهٔ جناب آقای دکتر محمد اسماعیل خراسانی از آن دفاع شده است"

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

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

مادّه ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّه ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّه ۶ اینجانب حسین باقرپور دانشجوی رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی:
امضاء:

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان نامه برای دریافت درجه دکتری

رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی

عنوان رساله: توسعه سامانه پایشگر جرمی عملکرد کمی چغندرقند و پهنه‌بندی کمی و کیفی محصول

نگارش:

حسین باقرپور

استاد راهنما:

دکتر سعید مینایی

اساتید مشاور:

دکتر محمد عبدالهیان نوقابی و دکتر محمد اسماعیل خراسانی

تابستان ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر، مادر

و

همسرم

تشکر و قدردانی

خالق رحمان را شاکرم که پس از ماه‌ها تلاش در جهت انجام تحقیق حاضر، اینک می‌توانم سر برآستان شکر او ساییده و به رسم ادب و قدرشناسی، از تمام کسانی که تا به این مرحله همپایم بوده‌اند قدردانی نمایم.

در وهله نخست، از استاد محترم جناب آقای دکتر مینایی، که تجربه گران سنگ خود را در اختیارم گذاردند و بزرگوارانه مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

خدای را شاکرم به خاطر آشنایی با استاتید بزرگوار، جناب آقای دکتر محمد عبدالهیان نوقابی و دکتر محمد اسماعیل خراسانی، که بار بزرگی از این رساله بر دوش ایشان بوده و مرا در انجام این پژوهش یاری فرمودند.

تشکر و قدردانی می‌کنم از اساتید محترم جناب آقای دکتر محمد هادی خوش تقاضا، مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر غلامحسن نجفی و همچنین دکتر احمد بناکار که با راهنمایی‌های ارزنده خود ما را در تدوین بهتر این رساله یاری کردند.

تشکر و قدردانی می‌کنم از جناب آقای دکتر جعفر مساح و دکتر محمد ابونجمی که با راهنمایی‌های بجا و پیشنهادهای منطقی خود بسیاری از ایرادات این رساله را مرتفع ساختند.

از تمامی اعضاء گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، بویژه جناب آقایان دکتر برات قبادیان، جناب آقای مهندس رضایی کیا و مهندس زارعی که همچون برادری بزرگ سایه لطف و دلسوزی‌شان مستدام بوده و به فضل الهی خواهد بود، سپاسگزارم.

از خانواده مهربانم، همسر عزیزم و دوستان بزرگوارم، آقایان عیسی حزباوی، فرزین فروغی منش، احمد تقی زاده و سایر دوستان که ما را در انجام کارها یاری فرمودند سپاسگزارم.

عنوان رساله: توسعه سامانه پایشگر جرمی عملکرد کمی چغندرقند و پهنه‌بندی کمی و کیفی محصول

چکیده

اولویت‌های اصلی در کشاورزی، افزایش میزان عملکرد و کاهش هزینه‌های تولید است. بکارگیری کشاورزی دقیق و تهیه نقشه عملکرد (پهنه‌بندی) کمی و کیفی از مهم‌ترین راه‌های دستیابی به این اهداف می‌باشد. با توجه به اهداف پژوهش، ابتدا سامانه‌ای ساخته شد که به صورت لحظه‌ای میزان عملکرد وزنی را اندازه‌گیری می‌کند. تفاوت این سیستم با سامانه‌های مشابه این است که کل قطعات از جمله شاسی و بارسنج‌ها، کاملاً در بیرون شاسی بالابر قرار گرفته‌اند که امکان گیر کردن احتمالی محصول و یا سایر مواد اضافی با اجزای سامانه را به حداقل می‌رساند. با توجه به ثابت بودن شیب نوار نقاله، در این سامانه از دو حسگر بارسنج در دو طرف نوار نقاله استفاده گردید. برای سنجش سرعت نوار نقاله یک حسگر مغناطیسی در کنار محور محرک نوار نقاله قرار داده شد. همچنین سرعت خطی ماشین برداشت، با نصب یک حسگر مغناطیسی درون رینگ چرخ، اندازه‌گیری گردید. با توجه به ارتعاشات مکانیکی ماشین برداشت و تاثیر آن بر داده‌های وزنی، در ابتدا محدوده بسامدی مربوط به ثبت وزن‌ها با حرکت دادن سه وزنه مختلف بر روی نوار نقاله و تحلیل سیگنال‌های برداشت شده بدست آمد. با تعیین محدوده بسامدی دلخواه، دیگر بسامدها که به عنوان نوفه عمل می‌کردند با بهره‌گیری از یک فیلتر پایین‌گذر باتروورث و با بسامد قطع ۰/۸ هرتز حذف شدند. پس از واسنجی تمامی حسگرها و مجموعه دستگاه اندازه‌گیری در کارگاه، ارزیابی نهایی پایشگر عملکرد در مزرعه انجام شد. با تحلیل نتایج، میانگین و انحراف معیار خطا به ترتیب ۶/۴۸ درصد و ۱/۵۲ بدست آمد. میزان خطایی که می‌تواند با واسنجی تصحیح شود، در همه آزمایش‌ها بین محدوده ۵/۰۶- تا ۸/۹۰- درصد گزارش گردید. این نشانه آن است که سامانه همیشه بیش‌برآوردی را در اندازه‌گیری وزن نشان می‌دهد. با تغییر جزئی در نوار نقاله یا به صورت نرم‌افزاری امکان کاهش آن وجود دارد که در این پژوهش به صورت نرم‌افزاری انجام شد. با استفاده از داده‌های عملکرد لحظه‌ای، سرعت نوار نقاله، سرعت ماشین برداشت، موقعیت مکانی و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Labview و ArcMap 9.3، نقشه عملکرد کمی محصول تهیه شد. متوسط عملکرد کل مزرعه ۴۶ t/ha تعیین گردید و با توجه به خطای متوسط ۶/۴۸ و تصحیح نرم‌افزاری ، این مقدار ۴۲/۷ t/ha گزارش شد که با مقایسه متوسط عملکرد واقعی مزرعه، ۲ درصد اختلاف وجود داشت. نقشه عملکرد کمی تغییرات قابل توجهی را در مزرعه نشان داد. با مقایسه نقاط مختلف در این مزرعه اختلاف ۸ تن در هکتار نیز مشاهده گردید که نشان می‌دهد امکان بکارگیری مدیریت موضعی مزرعه برای افزایش یکنواختی تولید وجود دارد.

در مرحله نخست بخش دوم پژوهش، با پهنه‌بندی عملکرد کیفی که به صورت نمونه‌برداری استاندارد معمول انجام شد، نقشه عملکرد تهیه گردید و نشان داد که عیار قند محصول در نواحی مختلف مزرعه متفاوت می‌باشد. البته تغییرات نقطه به نقطه عیار کم بوده ولی بین چند ناحیه مشخص، اختلاف قابل توجهی بدست آمد. میزان عیار قند در یک بخش از مزرعه در محدوده ۱۰/۵- ۹/۷ و در وسط مزرعه به میزان ۱۴/۸- ۱۳ درصد حاصل شد. در مرحله دوم این بخش، سنجش عیار ریشه‌های چغندر قند با بکارگیری طیف‌سنج فروسرخ نزدیک (NIR) در محدوده طول موج ۹۰۰-۱۷۰۰ nm مورد بررسی قرار گرفت. این بخش از پژوهش صرفاً برای بررسی پتانسیل طیف‌سنجی در تهیه نقشه عملکرد کیفی انجام شد. بدین منظور لایه‌هایی به ضخامت ۱ سانتی‌متر از قسمت طوقه تهیه و توسط دستگاه اسپکترومتر، طیف‌سنجی گردید. در این بخش با دو روش مدلسازی خطی حداقل مربعات نسبی (PLS) و غیر خطی شبکه عصبی (ANN)، مدلسازی پارامترهای کیفی شامل میزان قند (SC) و مواد جامد قابل حل (SSC) انجام شد. نتایج نشان داد که هر دو مدل توانایی تخمین مناسب پارامترهای کیفی را دارند ولی روش غیر خطی شبکه عصبی اندکی بهتر عمل کرد. از میان پیش‌پردازش‌های مطرح در طیف‌سنجی، روش تصحیح پراکنش افزاینده (MSC) بهترین نتایج را در تشخیص مقدار SSC (R=۰/۹۵، RMSEP=۱/۷ و SDR=۲/۶) و SC (R=۰/۸۴، RMSEP=۱/۸ و SDR=۲/۵) ارائه داد. با توجه به مقدار SDR، در میان پیش‌پردازش‌ها به ترتیب اولویت، مشتق دوم (2D)، نرمال‌سازی برداری (VN)، حذف جابجایی ثابت (COE) و مشتق اول (1D) مناسب پیش‌پردازش تشخیص داده شدند. در استفاده از مدل غیر خطی شبکه عصبی، ابتدا توسط تکنیک PCA مولفه‌های اصلی استخراج و به عنوان ورودی‌های شبکه در نظر گرفته شدند. نتایج نهایی نشان داد که مدل شبکه عصبی در برآورد مقدار

SSC (R=۰/۹۵، RMSEP=۰/۹ و SDR=۵/۱۱) و SC (R=۰/۸۵، RMSEP=۱/۲۶ و SDR=۳/۵) توانایی خوبی نسبت به مدل خطی PLS دارد. تشخیص میزان قند موجود در ریشه‌ها به روش طیف‌سنجی، می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های آزمایشگاهی معمول باشد و همچنین امکان بکارگیری آن در صنعت مربوط به تولید قند نیز وجود داد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، عیار قند ریشه، نقشه عملکرد مزرعه، مدلسازی خطی.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ اهداف..... ۳

۱-۳ فرضیه‌های تحقیق ۳

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱ تاریخچه کاشت چغندرقند ۵

۲-۲ وضعیت تولید چغندرقند در جهان و ایران ۶

۲-۳ ساختمان و اجزای ریشه چغندرقند..... ۸

۲-۴ شراط اقلیمی رشد چغندرقند..... ۱۰

۲-۵ پارامترهای موثر بر کیفیت چغندرقند ۱۱

۲-۶ کشاورزی موضعی ۱۲

۲-۷ اهمیت تحقیق..... ۱۳

۲-۸ روش‌های اندازه گیری عملکرد کمی ۱۴

۲-۸-۲ مقایسه روش‌های موجود برای سنجش عملکرد کمی محصولات ریشه‌ای ۲۷

۲-۸-۳ روش انتخاب شده برای سنجش عملکرد مزرعه ای ۳۱

۲-۹ تعیین پارامترهای کیفی محصول به روش طیف سنجی فرو سرخ..... ۳۱

۲-۹-۱ مفاهیم پایه در طیف سنجی ۳۱

۲-۹-۱-۱ مفهوم انرژی الکترومغناطیسی و طیف NIR ۳۱

۲-۹-۱-۲ خصوصیات پیوندها و طرز محاسبه فرکانس جذب آنها ۳۳

۲-۹-۱-۳ اسپکترومتر PDA ۳۶
۲-۹-۱-۴ تئوری برخورد پرتوهای NIR با محصولات کشاورزی ۳۷
۲-۹-۲ روش‌های اندازه‌گیری در اسپکتروسکوپی ۳۸
۲-۹-۲-۱ روش اندازه‌گیری طیف بازتابی ۳۸
۲-۹-۲-۲ روش اندازه گیری طیف عبوری ۳۹
۲-۹-۲-۳روش اندازه‌گیری تقابلی. ۴۰
۲-۱۰ مروری بر پژوهش‌های کیفی‌سنجی به روش طیف‌سنجی فروسرخ ۴۲
۲-۱۱ امکان سنجش عملکرد کیفی چغندرقند..... ۴۴

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ بخش کمی ۴۷
۳-۱-۱ تجهیزات و اجزای اصلی لازم برای سنجش جریان جرمی ریشه ها..... ۴۷
۳-۱-۱-۱ مشخصات ماشین برداشت چغندرقند و اجزای آن ۴۷
۳-۱-۱-۲ صفحه توزین ۴۹
۳-۱-۱-۳ نیروسنج ۵۲
۳-۱-۱-۴ سرعت سنج زنجیر نقاله و ماشین برداشت ۵۳
۳-۱-۱-۵ کارت های داده برداری..... ۵۶
۳-۱-۱-۶ دستگاه گیرنده GNSS ۵۹
۳-۱-۲ تحلیل ارتعاشی سکوی توزین..... ۶۰
۳-۱-۲-۱ تحلیل استاتیکی و دینامیکی سکوی توزین..... ۶۰
۳-۱-۳ استاتیکی سکوی توزین..... ۶۴
۳-۱-۴ واسنجی سرعت زنجیر نقاله و سرعت خطی ماشین برداشت ۶۵

۳-۱-۵ نحوه محاسبه جریان جرمی محصول ۶۶
۳-۲ بخش کیفی ۶۶
۳-۲-۱ مشخصات فنی طیف سنج مورد استفاده ۶۷
۳- ۲-۲ آماده سازی نمونه‌ها و چیدمان بخش‌های مختلف سامانه طیف سنجی ۶۸
۳-۲-۳ آزمایش های تعیین مواد جامد محلول(SSC) و عیار نمونه‌ها(SC) ۷۰
۳-۲-۴ پیش پردازش طیف ۷۰
۳-۲-۴-۱ هموار سازی سیگنال ۷۰
۳-۲-۴-۲ نرمال‌سازی طیف‌ها ۷۲
۳-۲-۴-۳ حذف جابجایی ثابت ۷۳
۳-۲-۴-۴ مشتق اول و دوم ۷۳
۳-۲-۴-۵ تصحیح پراکنش افزاینده (MSC) ۷۴
۳-۲-۴-۶ روش رگرسیونی PLS ۷۴
۳-۲-۴-۷ روش PCA ۷۶
۳-۲-۵ شبکه عصبی مصنوعی ۷۸
۳-۳ نرم افزار ۸۰

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ سنجش عملکرد کمی ۸۲
۴-۱-۱ تحلیل طیف بسامدی حاصل از شتاب سنج سه محوری ۸۲
۴-۱-۲ روش عملی تشخیص بسامد مطلوب اندازه‌گیری وزن ۸۴
۴-۱-۳ واسنجی سکوی توزین ۹۱
۴-۱-۴ واسنجی سرعت نوار نقاله ۹۳

۴-۱-۵ واسنجی سرعت خطی ماشین برداشت ۹۴
۴-۱-۶ تهیه نقشه عملکرد کمی محصول ۹۴
۴-۱-۷ بررسی تغییرات کیفی محصول ۹۹
۴-۲ کیفی سنجی محصول ۹۹
۴-۲-۱ کیفی سنجی از طریق پردازش تصویر ۹۹
۴-۲-۲ کیفی سنجی به روش طیف سنجی ۱۰۱
۴-۲-۲-۱ پیش پردازش داده‌ها ۱۰۱
۴-۲-۲-۲ مدل PLS برای پیشگویی میزان SSC ۱۰۵
۴-۲-۲-۳ مدل PLS برای پیشگویی میزان SC ۱۰۸
۴-۳ مدلسازی با استفاده از شبکه عصبی ۱۰۹

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۱۴
۵-۲ پیشنهادها ۱۱۶
فهرست منابع ۱۱۸
ضمائم ۱۲۳

فهرست نمادها

علائم	شرح	واحد
1^{st} Der	مشتق اول	
2^{nd} Der	مشتق دوم	
A	جذب	
c	سرعت امواج الکترومغناطیسی	m/s
C	ماتریس کواریانس	
D	عرض سکوی توزین	m
E	انرژی تابش	J
F	میانگین خروجی نیروسنج‌ها	kg
FR	جریان جرمی	kg/s
GS	سرعت پیشروی	km/h
h	ثابت پلانک	J.s
K	ضریب سختی	N/m
n_p	تعداد نمونه	
N	تعداد نرون‌ها	
o	خروجی	
R	بازتاب	
t	خروجی مطلوب	
V	سرعت نوار نقاله	m/s
W	ماتریس وزن	
Y	عملکرد	t/ha
y_i	مقدار اندازه‌گیری شده	
y_m	مقدار میانگین	
$\hat{y}$	مقدار پیش بینی شده	
λ	طول موج	m

فهرست اختصارها

ANN	شبکه عصبی مصنوعی	Artificial Neural Networks
BP	شبکه پس‌انتشار	Back Propagation
COE	حذف جابجایی ثابت	Constant Offset Elimination
FFT	تبدیل فوریه سریع	Fast Fourier Transform
GNSS	سامانه موقعیت‌یاب مکانی	Global Navigation Satellite System
MSC	تصحیح پراکنش افزاینده	Multiplicative Scatter Correction
NIR	نزدیک فروسرخ	Near Infrared
PCA	تحلیل مولفه‌های اصلی	Principal Component Analysis
PDA	آرایه دیودی	Photo Diode Array
PLS	کمترین مربعات نسبی	Partial Least Square
RMSEC	ریشه میانگین مربعات خطای واسنجی	Root Mean Squares Error of Calibration
RMSECV	ریشه میانگین مربعات خطای اعتبارسنجی متقاطع	Root Mean Squares Error of Cross Validation
RMSEP	ریشه میانگین مربعات خطا آزمون	Root Mean Squares Error of Prediction
SD	انحراف استادارد	Standard Deviation
SDR	نسبت انحراف استاندارد به مقدار RMSEP	Standard Deviation Ratio
SC	میزان قند	Sugar Content
SSC	مواد جامد قابل حل	Soluble Solid Content
VN	نرمال‌سازی برداری	Vector Normalization

فهرست جدول‌ها

جدول۲-۱: مقایسه روش‌های مختلف سنجش عملکرد کمی محصولات ریشه‌ای ۳۰

جدول۴-۱: داده‌های حاصل از آزمایش واسنجی سکوی توزین (mV) ۹۲

جدول ۴-۲: داده‌های بدست آمده برای واسنجی سرعت نوار نقاله ۹۳

جدول۴-۳: نتایج حاصل از ارزیابی دستگاه سنجش عملکرد ۹۵

جدول۴-۴: نتایج مدل PLS برای تخمین مقدار درجه بریکس(SSC) ۱۰۶

جدول۴-۵: نتایج مدل PLS برای تخمین مقدار SC ۱۰۸

جدول ۴-۶: توصیف مقدار واریانس در مقابل تعداد مولفه‌های اصلی (پیش‌پردازش MSC) ۱۱۰

جدول ۴-۷: اثر تعداد نورن لایه مخفی در مقدار R..... ۱۱۰

جدول ۴-۸: نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی برای تخمین مقدار SSC..... ۱۱۲

جدول ۴-۹: نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی برای تخمین مقدار SC ۱۱۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: سهم کشورهای مختلف در تولید چغندر قند در سال ۲۰۱۰ میلادی. ۸
شکل۲-۲: مقدار تولید چغندرقند در ایران از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی. ۸
شکل۲-۳: ساختمان و اجزای اصلی ریشه چغندرقند. ۱۰
شکل۲-۴: روش‌های مختلف سنجش عملکرد مزرعه‌ای. ۱۶
شکل ۲-۵: تریلر مجهز به بارسنج ۱۸
شکل۲-۶: چرخ هرزگرد متصل به بارسنج ۱۹
شکل۲-۷: اندازه‌گیری جریان جرمی چغندرقند با استفاده از یک صفحه لغزشی. ۱۹
شکل ۲-۸: نقاله ماشین برداشت محصولات ریشه‌ای مجهز به مبدل اندازه‌گیری وزن ۲۰
شکل ۲-۹: سامانه معلق برای سنجش عملکرد سیب زمینی ۲۱
شکل۲-۱۰: جریان سنج گوجه فرنگی واقع در قسمت خروجی نوار نقاله ۲۲
شکل ۲-۱۱: نمایی از سامانه اندازه‌گیری عملکرد بر اساس سنجش اندازه حرکت ۲۴
شکل۲-۱۲: سامانه ماشین بینایی برای تشخیص سیب زمینی از کلوخ ۲۵
شکل۲-۱۳: بهره‌گیری از امواج رادار در تشخیص موقعیت و اندازه چغندرقند ۲۵
شکل۲-۱۴: حسگر خازنی برای اندازه گیری وزن مواد عبوری از روی تسمه نقاله ۲۶
شکل۲-۱۵: توزیع مواد بین صفحه‌ها در حالت FSP. ۲۷
شکل۲-۱۶: توزیع مواد به صورت لایه‌ای در روش LF ۲۷
شکل۲-۱۷: طیف الکترومعناطیسی. ۳۳
شکل ۲-۱۸: مدل ارتعاشی مولکول دو اتمی. ۳۴
شکل ۲-۱۹: تاثیر پیوند و جرم اتمی بر فرکانس ارتعاشی. ۳۴
شکل۲-۲۰: باندهای جذبی گروه‌های پایه در ناحیه NIR. ۳۶

شکل ۲-۲۱: طرحواره اسپکتروفوتومتر PDA. ۳۷
شکل۲-۲۲: روش طیف بازتابی برای تشخیص کیفیت درونی میوه ۳۹
شکل۲-۲۳: تشخیص کیفیت درونی محصول با عبور طیف نوری ۴۰
شکل۲-۲۴: تشخیص کیفیت درونی محصول با عبور نصف طیف نوری ۴۰
شکل۲-۲۵: کابل نوری دوشاخه برای استفاده در روش تقابلی. ۴۱
شکل ۳-۱: ماشین برداشت چغندرقند و اجزای اصلی آن. ۴۹
شکل ۳-۲: هلیس‌های حمل و تحویل ریشه‌ها به زنجیر نقاله پایینی. ۵۰
شکل ۳-۳: زنجیر نقاله پایینی انتخاب شده برای نصب نیروسنج‌ها. ۵۱
شکل ۳-۴: طرحواره سکوی توزین و نحوه قرار گیری غلتک‌ها: الف) نمای جلو ب) نمای پشت. ۵۱
شکل ۳-۵: سکوی توزین نصب شده در دو طرف نوار نقاله. ۵۲
شکل ۳-۶: حسگر القایی برای اندازه‌گیری سرعت دورانی محور محرک نوار نقاله پایینی. ۵۴
شکل ۳-۷: الف) طرحواره حسگر القایی ب) فاصله تسمه‌های فلزی. ۵۴
شکل ۳-۸: حسگر القایی و تسمه‌های فلزی نصب شده بر محیط رینگ. ۵۵
شکل۳-۹: قطعات مورد نیاز برای جمع آوری سیگنال دیجیتال. ۵۶
شکل ۳-۱۰: محل نصب شتاب سنج سه محوری برای تعیین مولفه‌های فرکانسی. ۵۷
شکل ۳-۱۱: طیف‌های فرکانسی در سه جهت مختلف. ۵۸
شکل ۳-۱۲: ابزارهای مورد نیاز برای جمع آوری داده‌های خروجی نیروسنج. ۵۹
شکل ۳-۱۳: مدل سکوی توزین برای انجام تحلیل ارتعاشی. ۶۱
شکل ۳-۱۴: نتایج حاصل از تحلیل مودال سکوی توزین. ۶۲
شکل ۳-۱۵: طرحواره سکوی توزین و نیروهای وارد بر آن. ۶۳
شکل ۳-۱۶: نتایج تحلیل استاتیکی رابط بین نیروسنج و سکوی توزین. ۶۳

شکل ۳-۱۷: استفاده از ریشه‌ها به عنوان وزنه استاندارد برای واسنجی سکوی توزین. ۶۴
شکل۳-۱۸: اجزای سامانه طیف‌سنجی و ارتباط میان آنها. ۶۸
شکل۳-۱۹: نمونه تهیه شده از ریشه برای طیف سنجی. ۶۹
شکل ۳-۲۰: چیدمان طراحی شده برای اندازه گیری طیف NIR. ۷۰
شکل۳-۲۱: الف) دستگاه Betalyser و ب) دستگاه رفرکتومتر. ۷۱
شکل ۳-۲۲: ساختار مدل شبکه عصبی. ۷۹
شکل ۳-۲۳: نحوه شبکه‌بندی مزرعه برای نمونه‌برداری دستی ۸۰
شکل ۴-۱: طیف ارتعاشی ماشین برداشت با سرعت بیشتر از وضعیت برداشت ۸۳
شکل ۴-۲: طیف ارتعاشی ماشین برداشت در وضعیت برداشت ۸۳
شکل ۴-۳: طیف ارتعاشی ماشین برداشت در دو وضعیت برداشت. الف) سرعت پایین ب) سرعت بالا.. ۸۴
شکل ۴-۴: سیگنال‌های خام مربوط به سه وزن مختلف عبوری از روی نوار نقاله. ۸۶
شکل۴-۵: نتایج حاصل از تبدیل فوریه (FFT) سیگنال‌های بدست آمده از سه وزن عبوری. ۸۷
شکل۴-۶: سیگنال اصلی و فیلتر شده حاصل از سه وزن مختلف عبوری از روی نوار نقاله. ۸۸
شکل۴-۷: سیگنال پیش و پس از صافی و حذف جابجایی ثابت در سیگنال فیلتر شده. ۸۸
شکل ۴-۸: توانایی فیلتر پایین گذر باترورث در حذف نوفه و صافی کردن سیگنال. ۸۹
شکل۴-۹: اثر فیلتر پایین‌گذر باترورث بر سیگنال خروجی نیروسنج‌ها. ۹۰
شکل ۴-۱۰: بخشی از سیگنال خروجی نیروسنج‌ها در هنگام عمل برداشت محصول. ۹۰
شکل۴-۱۱: نمودار روندنمای بخشی از برنامه سامانه. ۹۱
شکل ۴-۱۲: نمودار و معادله واسنجی سکوی توزین. ۹۲
شکل ۴-۱۳: نمودار واسنجی سرعت نوار نقاله. ۹۳
شکل ۴-۱۴: نقشه عملکرد حاصل از سامانه سنجش عملکرد کمی محصول چغندرقند. ۹۶

شکل ۴-۱۵: تغییرات عیار در مزرعه نسبت به اندازه سلول..... ۹۸
شکل ۴-۱۶: نقشه تغییرات عیار محصول در مزرعه..... ۹۹
شکل ۴-۱۸: جداسازی بوته چغندر قند از سطح خاک..... ۱۰۰
شکل ۴-۱۸: رابطه بین شاخص رنگی و عیار ریشه‌ها..... ۱۰۰
شکل ۴-۱۹: طیف خام اولیه از نمونه‌های ریشه چغندرقند..... ۱۰۱
شکل ۴-۲۰: طیف هموار شده به وسیله الگوریتم ساویتسکی-گولای ۱۰۲
شکل ۴-۲۱: نتیجه حاصل از نرمال‌سازی. ۱۰۲
شکل ۴-۲۲: نتیجه حاصل از پیش‌پردازش حذف جابجایی ثابت (COE)..... ۱۰۳
شکل ۴-۲۳: طیف حاصل از پیش‌پردازش تصحیح پراکنش افزاینده (MSC). ۱۰۳
شکل ۴-۲۴: اثر پیش‌پردازش مشتق اول..... ۱۰۴
شکل ۴-۲۵: طیف حاصل از پیش‌پردازش مشتق دوم..... ۱۰۴
شکل۴-۲۶: تغییرات RMSECV نسبت به مولفه اصلی..... ۱۰۷
شکل ۴-۲۷: خروجی مدل PLS مجموعه a) کالیبراسیون و b) آزمون در مقابل مقادیر SSC..... ۱۰۷
شکل ۴-۲۸: خروجی مدل PLS مجموعه a) کالیبراسیون و b) آزمون در مقابل مقادیر SC. ۱۰۹
شکل ۴-۲۹: نمودارها حاصل از شبکه عصبی در تخمین SSC و SC..... ۱۱۱

فصل اول

مقدمه و هدف