بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

بخش مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی ماشین های کشاورزی

گرایش مکانیک ماشین های کشاورزی

طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه غیر مخرب فراصوتی برای تعیین تراکم غلات و علوفه به منظور بهینه سازی سرعت پیشروی عملیات برداشت

استاد راهنما :

دکتر کاظم جعفری نعیمی

استادمشاور :

دکتر سید محمد علی محمدی

مؤلف :

گلثومه شادکام بیرک علیا

شهریور ماه ۱۳۹۰

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : گلثومه شادکام

استاد راهنما : دکتر کاظم جعفری نعیمی

استاد مشاور: دکتر سید محمد علی محمدی

داور ۱ : دکتر مجتبی برخورداری

داور۲ : دکتر احمد غضنفری مقدم

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر شهرام پورسیدی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است .

تقدیم به :

ساحت مقدس و ملکوتی امام عصر (وجودمان فدای وجود مبارکش باد) که کامل کننده همه علوم و اسرار خداوندی در آسمان و زمین است و به ساحت مقدس و پاک آنان که آسمان آبی قلب پر مهرشان بی افق و دریای زلال محبت شان بی ساحل است. به دو گوهری که غم هایم را به جان خریدند و مرا در تمام مراحل زندگی حمایت نمودند.

پدرم که همواره رنج تحصیل مرا تحمل کردند و موفقیت های زندگی ام مرهون صبر، تلاش و تشویق اوست.

مادرم که نامش عشق، وجودش محبت، یادش امید و دعایش توشه راه است.

همسرم، عصاره ی همه ی خوبی ها که با صبرش در تمامی لحظات رفیق راه بود و مهربانی های او هرگز فراموشم نخواهد شد.

خواهران و برادرم ،همانانی که در سال های تحصیل و دوری و غربت بار سنگین زندگی مرا به همراه پدر و مادرم به دوش کشیدند و وجودشان برایم تکرار مهربانی است.

تقدیر و تشکر

سپاس خداوند متعال را که یاد و نام او همیشه و همه جا راهنمایم بوده و با تکیه برالطاف بی کرانش، موفق به اتمام این پایان نامه شده ام.

در اینجا بر خود لازم می دانم تا از همه اساتید گرامی و دوستان عزیزم که در انجام این تحقیق مرا یاری و راهنمایی نموده اند، صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

از جناب آقای دکتر کاظم جعفری که به عنوان استاد راهنما، زحمات فراوانی را متحمل شده اند سپاسگزارم.

از استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر محمد علی محمدی که مشاور بسیار خوبی برایم بوده اند، قدردانی می نمایم.

همچنین از پدر و مادرم که سال های متمادی برای تعلیم و تربیتم متحمل رنج و مشقت فراوان شده اند تقدیر می کنم. ای فرشتگان آسمانی، در برابر فداکاری هایتان سر تعظیم فرود آورده و به نشان احترام دستان پر از مهر و محبتتان را بوسه می زنم.

از خواهران عزیزم و برادر تنهایم که در تمام مراحل تحصیل همراه و مشوق من بودند قدردانی و سپاسگذارم.

از همسر مهربان و فرهیخته ام که از آغاز راه همواره مشوق، پشتیبان و همگام من بوده و کمک های شایانی در به ثمر رسیدن پایان نامه نموده اند، تقدیر و تشکر می نمایم.

از آقایان دکتر مجتبی برخورداری و دکتر احمد غضنفری که داوری پایان نامه را پذیرفتند و جناب آقای دکتر سرچشمه پور نماینده محترم تحصیلات تکمیلی تشکر و قدردانی می نمایم.

از جناب آقای مهندس احمد پرورش که در انجام این پروژه به من کمک کرده اند سپاسگذارم.

برای هر رسیدنی مسیری است و پیمودن هر مسیر را هزاران دریچه ناامیدی و صدها بن بست که جز با همدلی و همدردی دوستانی همراه امکان پیمودن به آسانی میسر نیست. از تمان دوستانی که در این مسیر مرا یاری کرده اند تقدیر و تشکر می کنم.

گلثومه شادکام بیرک علیا

چکیده

آگاهی از تراکم محصول در جلوی ماشین برداشت یک فاکتور مهم برای بهینه کردن عملیات داشت و برداشت می باشد و می تواند به طور قابل ملاحظه ای عملکرد آنها را بهبود بخشد. یکی از روش های اندازه گیری تراکم محصول استفاده از روش غیر مخرب فراصوتی است. امواج فراصوت برای انتشار نیاز به محیطی مادی دارند و شاخص های فراصوتی امواج به مشخصات فیزیکی محیطی وابسته است. در این پژوهش یک سامانه غیرمخرب فراصوتی شامل واحد مکانیکی، الکترونیکی و یک کامپیوتر طراحی و ساخته شد. واحد مکانیکی شامل یک جفت مبدل (43kHz) که نسبت به هم به طور موازی قرار گرفته اند. واحد الکترونیکی سامانه شامل یک Prosonic S FMU90 برای فعال کردن مبدل فرستنده، اسیلوسکوپ دیجیتال، کامپیوتر مجهز به نرم افزار پردازش سیگنال و نرم افزار TNM برای جمع آوری و آنالیز داده ها و یک سیستم اکتساب داده ی ساخته شده با یک میکروکنترلر ARM برای آنالیز بیشتر می باشد. این سامانه قادر است یک سیگنال الکتریکی تولید و آنرا به امواج فراصوت تبدیل کند. امواج فراصوت با سطح انرژی معین، از یک طرف به وسیله مبدل فرستنده به درون محصول فرستاده می شود و انرژی منتقل شده به طرف دیگر محصول، توسط مبدل گیرنده دریافت می گردد. سیگنال های ارسالی و دریافتی به اسیلوسکوپ ارسال می شود و اسیلوسکوپ به رایانه متصل می باشد و سیگنال ها به وسیله ی رایانه تجزیه و تحلیل می شود. مقدار کاهش انرژی با تراکم محصول (تعداد ساقه) بین آن دو در ارتباط خواهد بود. سامانه با پردازش سیگنال های ارسالی و دریافتی، شاخص های فراصوتی در حوزه زمان ودر حوزه فرکانس مانند سرعت عبور امواج، ضریب تضعیف، زمان عبور، مقدار دامنه ی ولتاژ و طیف کلی بسامدی را مشخص می کند. یک سیگنال فراصوتی از هارمونیک هایی با فرکانس های هم مضرب و دامنه های مختلف تشکیل شده است برای تخمین توزیع قدرت سیگنال در فرکانس های مختلف از تبدیل فوریه سریع (FFT) استفاده شد. به منظور تعیین توانایی سامانه ساخته شده در تعیین تراکم محصول، سامانه با چند تراکم مختلف محصولات زراعی گندم، جو و یونجه ارزیابی شد. برای ارزیابی ارتباط میان تراکم توده ی محصول و شاخص های فراصوتی اندازه گیری شده به وسیله ی سامانه، آنالیز رگرسیون مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایشات نشان داد بهترین شاخص فراصوتی که با تراکم محصول در ارتباط است بیشینه دامنه ولتاژ امواج دریافتی است. در نهایت بر اساس بیشینه دامنه ولتاژ، سیگنال های دریافتی پردازش و سرعت متناسب با تراکم محصول برای عملیات برداشت تخمین زده و بر روی یک LCD نمایش داده شد.

واژه های کلیدی: آزمون غیر مخرب، تراکم محصول، فراصوت، شاخص های فراصوتی، ضریب تضعیف، سرعت امواج، تبدیل فوریه سریع (FFT).

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- آزمون غیر مخرب چیست؟ ۷

۱-۳- هدف تحقیق ۸

فصل دوم: پیشینه ی پژوهش

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- آزمون های غیر مخرب در کشاورزی ۱۲

۲-۳- انواع آزمو ن های غیر مخرب ۱۴

۲-۴- صوت ۱۶

۲-۵- انواع سیگنال ۱۶

۲-۶- تعریف مفهومی اندازه گیری مافوق صوت ۱۷

۲-۶-۱- سیستم های ارزیابی آزمون مافوق صوت ۱۸

۲-۷- ا نواع مبدل ها ۲۰

۲-۸- روش های تولید امواج فراصوت ۲۱

۲-۸-۱- روش پیزوالکتریسیته ۲۱

۲-۸-۲- روش مگنتو استریکسیون (پدیده تغییر شکل مغناطیسی)..... ۲۲

۲-۹- انواع امواج فراصوتی..... ۲۲

۲-۱۰- تعاریف پارامترهای اساسی فراصوت..... ۲۴

۲-۱۰-۱- امپدانس صوتی..... ۲۴

۲-۱۰-۲- اندازه گیری شدت صوت آلتراسونیک..... ۲۵

۲-۱۰-۳- ضریب انعکاس..... ۲۶

۲-۱۰-۴ -میدان دور و نزدیک..... ۲۸

۲-۱۰-۵ - تضعیف: منشا، اندازه گیری و کاربرد آن..... ۳۰

۲-۱۰-۶- زمان عبور (Travel time) یا زمان پرواز..... ۳۲

۲-۱۰-۷- سرعت انتشار امواج فراصوت..... ۳۴

۲-۱۱- کاربرد امواج فراصوت (فراصوت)..... ۳۷

۲-۱۱-۱- پیشینه ای در مورد کاربرد امواجفراصوت در زمینه کشاورزی..... ۳۷

۲-۱۱- ۲- تحقیقات انجام شده برای تعیین تراکم علوفه وغلات..... ۴۳

۲-۱۲- پردازش سیگنال فراصوتی..... ۴۹

۲-۱۲-۱- انتقال سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس..... ۵۰

۲-۱۲-۲- توابع تبدیل فوریه..... ۵۱

۲-۱۲-۳- تحلیل گر های فرکانس..... ۵۲

۲-۱۲-۴- تابع فوریه گسسته (DFT)..... ۵۳

۲-۱۲-۵- تبدیل فوریه سریع (FFT) والگوریتم آن ۵۵
۲-۱۳- اعوجاج های هارمونیکی کل (THD) ۵۶
۲-۱۳-۱- اندازه گیری اعوجاج های هارمونیکی کل ۵۸
۲-۱۳-۱-۱- روش کلاسیک ۵۸
۲-۱۳-۱-۲- روش DSP ۵۹
۲-۱۴- جمع بندی ۶۰

فصل سوم: مواد وروش ها

۳-۱- مقدمه ۶۳
۳-۲- طراحی و ساخت بخش های الکترونیکی و مکانیکی سامانه فراصوتی برای تعیین تراکم ۶۴
۳-۲-۱- انتخاب سیستم ارزیابی ۶۵
۳-۲-۲- انتخاب مبدل ها ۶۵
۳-۲-۳- انتخاب یک واحد پردازنده مرکزی ۶۵
۳-۲-۴- طراحی برد الکترونیکی واحد پردازش سیگنال ۶۶
۳-۳- اجزائ سامانه فراصوتی برای تعیین تراکم محصولات کشاورزی ۷۰
۳-۳-۱- مولد سیگنال ۷۰
۳-۳-۲- مبدل های فرستنده و گیرنده ۷۱
۳-۳-۳- واحد پردازش سیگنال و برد الکترونیکی آن ۷۲

۳-۳-۴- تقویت کننده (Amplifier) ۷۲

۳-۳-۵- مبدل آنالوگ به دیجیتال (A/D)..... ۷۳

۳-۳-۶- واحدآشکار ساز یا نوسان نمای دیجیتالی (Digital oscilloscope) ۷۴

۳-۳-۷- نرم افزار نوسان نمای دیجیتالی (TNM)..... ۷۵

۳-۳-۸- رایانه قابل حمل (لپ تاپ)..... ۷۷

۳-۴- نحوه کار سامانه..... ۷۸

۳-۵- تعیین تراکم محصول با امواج فراصوت در آزمایشگاه ۷۹

۳-۵-۱- میز آزمایش (Set up آزمایشی)..... ۷۹

۳-۶- اندازه گیری شاخص های فراصوتی بر ای تراکم های مختلف محصول..... ۸۲

۳-۶-۱- اندازه گیری زمان پرواز (TOF) امواج آلتراسونیک ۸۲

۳-۶-۲- اندازه گیری سرعت انتشار امواج..... ۸۳

۳-۶-۳- اندازه گیری ضریب تضعیف امواج ۸۳

۳-۶-۴- اندازه گیری مجذور ریشه دوم سیگنال (RMS)..... ۸۴

۳-۶-۵- اندازه گیری دامنه ماکزیمم (V_{pp})..... ۸۴

۳-۶-۶- اندازه گیری فرکانس اصلی..... ۸۴

۳-۷- تأثیر فاصله بین مبدل فرستنده و گیرنده بر روی شاخص های فراصوتی..... ۸۶

۳-۸- کالیبره کردن سامانه فر اصوتی ۸۶

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

۴-۱- بحث و نتیجه گیری ۸۸

۴-۲- آزمایش بر روی غلات (محصول گندم و جو) ۸۹

۴-۳- آزمایش بر روی علوفه (محصول یونجه) ۹۵

۴-۴- تأثیر فاصله میان دو مبدل بر روی شاخص های فراصوتی ۹۹

۴-۵- کالیبره کردن سامانه فراصوتی ۱۰۱

۴-۶- نتایج پردازش سیگنال فراصوتی دریافتی ۱۰۱

۴-۷- نتیجه گیری ۱۰۲

۴-۸- پیشنهادها ۱۰۳

منابع ۱۰۳

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل ۲-۱- مقالات منتشر شده در سایت ISI در زمینه علوم غذایی و با عنوان غیر مخرب(Butz et al., 2005) ۱۴

شکل ۲-۲ سیگنال زمان پیوسته و زمان گسسته (Bracewell,1988) ۱۷

شکل ۲-۳- شماتیک ساده شده سیستم عبوری فراصوت ۱۹

شکل ۲-۴- شماتیک ساده شده سیستم تپ - پژواک فراصوت ۱۹

شکل ۲-۵- حرکت ذرات و انتشار موج برای انواع مختلف شکل موج (Raj *et al.*, 2007)..... ۲۳

شکل ۲-۶ سرعت ذره(a) در جهت انتشار موج(موج طولی).(b) عمود بر جهت انتشار موج.(موج عرضی)(Standard 3745)..... ۲۳

شکل ۲-۷- انعکاس وعبور یک موج صوتی در سطح مشترک دو محیط با مشخصه امپدانس متفاوت..... ۲۶

شکل ۲-۸- اصول سیستم فراصوت انعکاسی برای اندازه گیری فاصله (Kinsler et ai., 1982) ۲۸

شکل ۲-۹- توزیع تقریبی میدان به میدان دور و نزدیک برای مبدلی با قطرD..... ۲۹

شکل ۲-۱۰- اندازه گیری تضعیف حجمی .(a) اندازه گیری تضعیف به وسیله سیستم اندازه گیری عبوری.(b) اندازه گیری تضعیف به وسیله سیستم اندازه گیری انعکاسی ۳۱

شکل ۲-۱۱- اکو های دریافت شده از جلو و عقب شی مورد نظر نسبت به زمان..... ۳۳

شکل ۲-۱۲- نحوه اندازه گیری زمان پرواز امواج (TOF) ۳۴

شکل ۲-۱۳- دیاگرام شماتیک تست فراصوتی میوه آووکادو..... ۳۸

شکل ۲-۱۴- میانگین سفتی در برابر میانگین تضعیف برای میوه اووکادو در دمای اتاق..... ۳۹

ark not defined.....شکل ۲ – ۱۵- اندازه گیری عرض برش با کمک سنسور های فراصوت (Missotten, 1998)

شکل ۲–۱۶- اندازه گیر ی پهنای برش و تشخیص حضور محصول با سنسور های فراصوت a: شماتیک اندازه گیری پهنای محصول b: شماتیک اندازه گیری تشخیص حضور محصول..... ۴۲

شکل ۲-۱۷- لیزر اسکنر نصب شده روی یک کمباین..... ۴۷

شکل ۲–۱۸- محاسبه ارتفاع نقطه انعکاس (h_R) وابسته به ارتفاع سنسور (h_s)..... ۴۸

شکل ۲-۱۹- مراحل پردازش آنالوگ (Martin et al., 1999)..... ۵۰

شکل ۲-۲۰- هارمونیک ها ضرایب پیوسته و صحیحی از فرکانس پایه هستند. پنجمین هارمونیک هم فاز با فرکانس پایه می باشد سومین هارمونیک ۱۸۰ درجه اختلاف فاز با فرکانس پایه دارد..... ۵۱

شکل ۲-۲۱- تحلیل گر فرکانسReal-time filter ۵۲

شکل ۲-۲۲- سیستم با "خاصیت غیر خطی" باعث ایجاد اعوجاج در موج..... ۵۷

شکل ۲-۲۳- بیان تصویری از اندازه گیری THD با روش کلاسیک..... ۵۸

شکل ۲-۲۴- نشان دادن اندازه گیری THD با استفاده از FFT..... ۵۹

شکل ۲-۲۵- نمونه برداری منسجم، هر نمونه روی یک نقطه منحصر به فرد از سیگنال..... ۶۰

شکل ۳-۱- شماتیک کلی سامانه ی غیرمخرب فراصوتی برای تعیین شاخص های فراصوتی محصول..... ۶۴

شکل ۳-۲- نمای ظاهری میکروکنترلر AVR مدل ATMEGA8..... ۶۷

شکل ۳-۳- مدار واسط..... ۶۷

شکل ۳-۴- مدارمیکرو کنترولر..... ۶۸

شکل ۳-۵- برد الکترونیکی واحد پردازش سیگنال سامانه..... ۶۹

شکل ۳-۶- نمای ظاهری میکروکنترلر ARM مدل AT91SAM7X256..... ۷۱

شکل ۳-۷- Prosonic S FMU90 و قسمت های تشکیل دهنده آن..... ۷۱

شکل ۳-۸- برد الکترونیکی Prosonic S FMU90..... ۷۱

شکل ۳-۹- نوسان نمای دیجیتالی (اسیلوسکوپ) و اتصال آن با درگاه USB به رایانه..... ۷۴

شکل ۳-۱۰- صفحه اصلی نرم افزار TNM در رایانه ۷۶

شکل ۳-۱۱- صفحه اسپکتروم آنالایزر نرم افزار TNM در رایانه..... ۷۷

شکل ۳-۱۲- شماتیک ساده شده سامانه ی غیرمخرب فراصوتی برای تعیین شاخص های فراصوتی محصول ۷۷

شکل ۳-۱۳- a: سیگنال ارسالی و b: سیگنال دریافتی بدون حضور محصول ۷۹

شکل ۳-۱۴- Set up آزمایشی برای اندازه گیری تراکم محصول با شبکه کاغذی ۸۰

شکل ۳-۱۵- Set up آزمایشی برای اندازه گیری تراکم محصول با شبکه فلزی ۸۰

شکل ۳-۱۶- سامانه ی تعین تراکم محصول و کاربرد آن در محیط آزمایشگاه ۸۲

شکل ۳-۱۷- نحوه اندازه گیری زمان پرواز (TOF) و دامنه امواج ۸۳

شکل ۳-۱۸- شماتیک ساده شده سامانه ی غیرمخرب فراصوتی برای تعیین تراکم ۸۳

شکل ۴-۱- ارسال ودریافت سیگنال برای شرایط بدون محصول a) سیگنال ارسالی b) سیگنال دریافتی ... ۸۸

شکل ۴-۲- سیگنال دریافتی از یک ردیف محصول جو و طیف بسامدی حاصل از آن ۸۹

شکل ۴-۳- سیگنال دریافتی از شش ردیف محصول جو و طیف بسامدی حاصل از آن ۸۹

شکل ۴-۴- امواج دریافتی از یک ردیف محصول گندم (سمت راست) و FFT امواج دریافتی (سمت چپ) ۹۰

شکل ۴-۵- امواج دریافتی از شش ردیف محصول گندم (سمت راست) و FFT امواج دریافتی (سمت چپ) ۹۰

شکل ۴-۶- تأثیر تراکم محصول جو بر روی قدرت اولین هارمونیک طیف بسامدی سیگنال دریافتی..... ۹۱

شکل ۴-۷- تأثیر تراکم(تعداد ردیف) محصول بر قدرت اولین هارمونیک طیف بسامدت سیگنال دریافتی ۹۱

شکل ۴-۸- طیف بسامدی سیگنال در یافتیa: بدون محصول، b: سه ردیف و c: شش ردیف محصول جو ۹۲

شکل ۴-۹- تأثیر تعداد ردیف محصول بر دامنه سیگنال دریافتی ۹۳

شکل ۴-۱۰- تأثیر تعداد ردیف محصول بر ضریب تضعیف امواج دریافتی ۹۴

شکل ۴-۱۱- تأثیر تعداد ردیف محصول گندم بر مجذور ریشه دوم سیگنال عبوری..... ۹۴

شکل ۴-۱۲- تأثیر تعداد ساقه محصول جو بر دامنه سیگنال دریافتی ۹۶

شکل ۴-۱۳- تأثیر تعداد ساقه محصول یونجه بر ضریب تضعیف..... ۹۷

شکل ۴-۱۴- تأثیر تعداد ساقه محصول یونجه بر مجذور ریشه دوم سیگنال عبوری..... ۹۷

شکل ۴-۱۵- تأثیر تراکم (تعداد ساقه) محصول یونجه بر قدرت اولین هارمونیک طیف بسامدت سیگنال دریافتی..... ۹۸

شکل ۴-۱۶- تأثیر فاصله میان مبدل فرستنده و گیرنده بر دامنه سیگنال در یافتی ۱۰۰

شکل ۴-۱۷- تأثیر فاصله میان مبدل فرستنده و گیرنده بر زمان عبور سیگنال..... ۱۰۰

شکل ۴-۱۸- تأثیر فاصله میان مبدل فرستنده و گیرنده روی قدرت هارمونیک های طیف بسامدی سیگنال دریافتی..... ۱۰۱

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۲-۱- انواع، اهداف و موارد مورد بررسی آزمو نهای مواد..... ۱۳

جدول ۲-۲- روش های مختلف انداز ه گیری غیر مخرب پارامترهای کیفی محصو ل های کشاورزی.... ۱۵

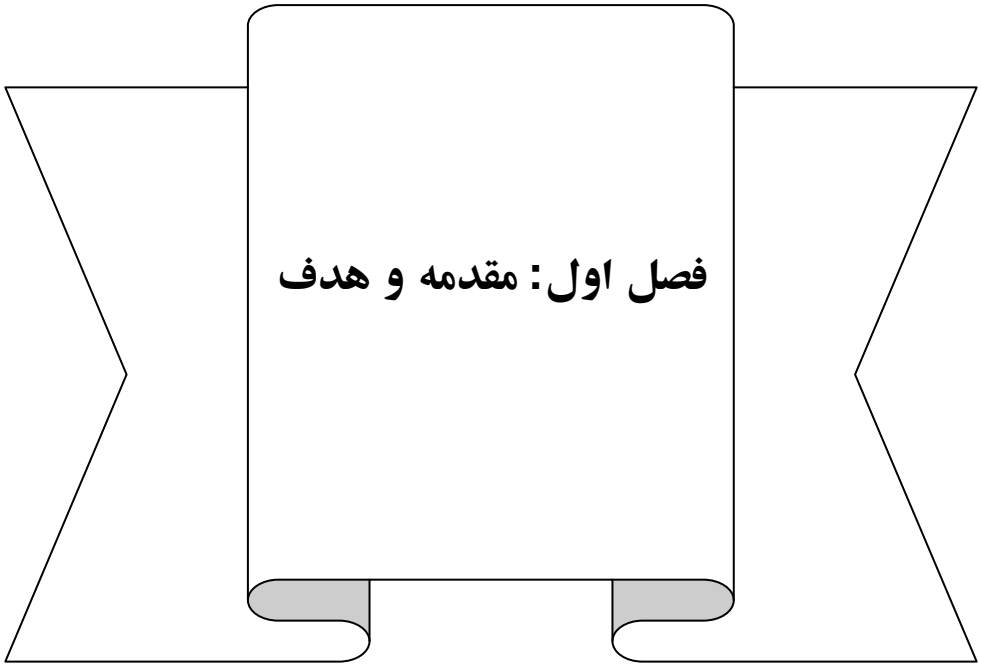
جدول ۳-۱- مشخصات فنی مبدل فرستنده..... ۷۲

جدول ۳-۲- مشخصات فنی آشکار ساز دیجیتالی رایانه ای دو کاناله ۷۵

جدول ۴-۱- مشخصات موج عبوری از توده محصول جو با تراکم های مختلف ۹۵

جدول ۴-۲- مشخصات موج عبوری از توده محصول گندم با تراکم های مختلف ۹۵

جدول ۴-۳- مشخصات موج عبوری از توده محصول یونجه با تراکم های مختلف ۹۹


فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱-مقدمه

گندم مهمترین محصول زراعی کشور است که نقش عمده ای در تامین مواد غذایی مردم دارد. میزان تولید این محصول در سال های مختلف با توجه به مقدار بارندگی متغیر است. رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای این محصول هر ساله افزایش می یابد. بخش قابل توجهی از گندم مورد نیاز کشور از خارج تامین شود. در مورد گندم نیز همانند سایر محصول های کشاورزی شاهد تلفات و ضایعات زیاد محصول در مراحل تولید تا مصرف هستیم.

امروزه برداشت دستی به دلیل هزینه های زیاد و محدودیت زمان برداشت محصول، تقریباً غیر ممکن است و باید برداشت را ماشینی نمود که عملاً نیز این گونه شده است. ولی کاربرد ماشین نیازمند راننده ی ماهر، ماشین مناسب و مدیریت صحیح ماشین است. مطابق شواهد موجود در هنگام برداشت گندم توسط کمباین تنظیم نبودن کمباین ها و یا کهنه و فرسوده بودن آنها می تواند درصد قابل توجهی از دانه را شکسته یا همراه با کاه بیرون دهد. عواملی که در افزایش یا کاهش ضایعات کمباین موثر می باشند شامل سرعت پیشروی کمباین، ارتفاع برداشت، سرعت دورانی چرخ و فلک، دور کوبنده، انتخاب مسیر صحیح حرکت کمباین و غیره است. سرعت پیشروی احتمالاً مهم ترین عامل در به حد کمال رساندن عملکرد یک کمباین محسوب می شود. سرعت پیشروی کمباین با در نظر گرفتن عملکرد محصول، ظرفیت کمباین و مهارت راننده تعیین می شود. وقتی که عملکرد محصول بالا است، سرعت پیشروی باید کاهش یابد گرچه، حداکثر سرعت پیشروی موثر، تحت تأثیر ظرفیت کمباین برای کوبیدن، جداکردن و تمیز کردن محصول قرار می گیرد. اگر سرعت پیشروی خیلی زیاد باشد و باعث افزایش بار کمباین شود در این صورت تلفات بیش از حد معمول خواهد بود. حتی اگر کمباین به طور صحیح تنظیم شده باشد، نتیجه سرعت پیشروی بیش از حد معمول، دانه های کوبیده نشده و کاه های بیش از حد کوبیده شده است. در هر حال دانه ها بر روی کاه بر ها و الک ها تلف می شوند. معمولاً اکثر رانندگان، برداشت با کمباین را با سرعتی انجام می دهند که کار با کمباین در آن سرعت برایشان آسان تر است، و این بستگی زیادی به مهارت راننده و شرایط محصول دارد. برای کنترل دقیق سرعت پیشروی در کمباین های خودرو، از محرک های تسمه ای متغیر v و یا هیدروستاتیک استفاده می شود (منصوری راد، ۱۳۸۲). بنا براین تنظیم سرعت پیشروی در عملکرد بهینه یک کمباین موثر است. نتایج محققان نیزنشان داده است که افت کل کمباین با افزایش سرعت پیشروی فزونی می یابد. یکی از اثر های این ازدیاد سرعت، بیش باری واحد جدا کن[1] است که به افت بیشتر می انجامد (احمدی چناربن،

[1] - cut -off

۱۳۸۸). در زمان برداشت بسته به تراکم و عملکرد محصول سرعت پیشروی مناسب انتخاب می شود و بدین ترتیب در این حالت ظرفیت مزرعه ای واقعی کمباین افزایش خواهد یافت. زیرا شدت تغذیه محصول که خود تابعی از سرعت پیشروی کمباین و عملکرد یا تراکم محصول[1] می باشد از عوامل مهم و موثر در ظرفیت مزرعه ای کمباین می باشند. علاوه براین ظرفیت مزرعه ای دیگر ماشین های برداشت از جمله انواع درو گرها، چاپر ها، ذرت چین ها و غیره نیز تابعی از تراکم محصول است. منظور از تراکم تعداد بوته در واحد سطح می باشد. تراکم محصول بر روی چگونگی و سرعت عملیات داشت نیز تأثیر گذار است و اطلاع از چگونگی تراکم محصول هم در طی دوره داشت و هم در مراحل برداشت بسیار حائز اهمیت است. با توجه به اینکه تراکم کمتر از حد معمول عملکرد محصول را کاهش و تراکم بیش از حد معمول (فاصله کمتر از حد میان ردیف ها) عملکرد محصول و کاه را افزایش می دهد اما خطر رشد باکتری ها و قارچها را در لابلای گیاهان و ظهور بیماری های گیاهی را نیز بیشتر می کند (Henderson et al., 2000 and Adams et al., 1998). همچنین افزایش تراکم موجب کاهش تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبله و شاخص برداشت خواهد شد (شریفی، ۱۳۸۰). همچنین آگاهی از تراکم محصول در طی فصل رشد می تواند اطلاعات مفیدی را برای کاربرد مقدار سم، کود و ریز مغذی های مورد نیاز برای تمام نقاط مزرعه و در نتیجه مدیریت صحیح مزرعه در دسترس قرار دهد. بنابراین اندازه گیری تراکم علوفه وغلات در طول دوره رشد گیاه نیز بصورت بلادرنگ و بدون تخریب محصول ضروری به نظر می رسد.

بدلیل اینکه مقدار محصول ورودی به کمباین تابعی از تراکم، حجم محصول و عرض برش واقعی کمباین می باشد، می توان با تعیین مقدار تراکم غلات در جلوی کمباین و عرض برش واقعی آن به صورت آنلاین در مزرعه سرعت پیشروی مناسب را انتخاب و مسیر حرکت کمباین را کنترل کنیم. بدین ترتیب از اتلاف دانه در بخش های مختلف کمباین جلوگیری می شود و برای دیگر ماشین های برداشت با توجه به مقدار تراکم محصول در جلوی آنها امکان کنترل سرعت حرکت فراهم می آید و ظرفیت مزرعه ای آنها نیز افزایش می یابد.

روش های تعیین تراکم غلات وعلوفه می تواند به دو صورت مستقیم و یا غیرمستقیم باشد. اندازه گیری مستقیم و مخرب چندان مطلوب نیست، زیرا بسیار وقت گیر بوده و در معرض خطاهای مربوط به موقعیت نمونه برداری قرار دارند. اما می توان این اشکال را، با ایجاد رابطه ای قوی بین شاخص های اندازه گیری غیرمستقیم (امواج مکانیکی) و تراکم محصول برطرف کرد. روش های مستقیم برای معتبر سازی روش های غیر مستقیم دارای اهمیت هستند (Scotford et al., 2004). اغلب روش های غیر مستقیم (غیر مخرب[2]) نسبت به روش های مستقیم

[1] - Crop density
[2] - Non-destrusive

(مخرب[1]) مطلوب تر هستند، زیرا پاسخ سریع و آنلاین داشته، و نیاز به تکرار ندارند (Coupland, 2004). اندازه گیری تراکم علوفه وغلات بصورت بلادرنگ و بدون تخریب محصول هم برای عملیات داشت و هم برای عملیات برداشت مفید به نظر می رسد.

با توجه به مقالات منتشر شده، بکارگیری فناوری غیر مخرب در زمینه کشاورزی، در دهه گذشته پیشرفت زیادی داشته است. روش فراصوت[2] نیز یک روش غیر مخرب است که از امواج مکانیکی فراصوت استفاده می کند. امواج مکانیکی در سه محدوده ی فروصوت یا مادون صوت[3]، صوت و فراصوت قرار می گیرند. در کشاورزی، بیشتر صوت و فراصوت مورد استفاده است. امواج تولیدی در روش های صوتی (آکوستیکی)، نافعال و در روش های فراصوتی فعال است. کاربردهای فراصوت درصنعت غذا بسیار گسترده بوده و در دو نوع متفاوت تقسیم بندی شده است: کاربردهایی با شدت پایین (فرکانس بیش از۱۰۰khz و یا توان فراصوت کمتر از$1wcm^{-2}$) و شدت بالا (فرکانس در محدوده ۱۰۰khz–۲۰ و یا توان فراصوت بین ۱۰ الی $100wcm^{-2}$) از امواجفراصوت با شدت پایین به عنوان روش تجزیه ای در تهیه اطلاعات مربوط به ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی استفاده می شود. در این حالت توان به کار رفته به حدی پائین است که پس از قطع امواج فراصوت هیچ گونه تغییری در خواص فیزیکی و شیمیایی مواد غذایی ایجاد نمی شود. در نتیجه به این تکنیک غیر مخرب گویند. از این تکنیک می توان در اندازه گیری ضخامت، تشخیص جسم خارجی، اندازه گیری نرخ شارش سیال[4]، تعیین ترکیبات متشکله، اندازه ذرات، و غیره استفاده کرد. در حالی که امواج فراصوت با شدت بالا که درآنها از توان بالا استفاده می شود به عنوان ابزاری در تغییر ویژگی های مواد غذایی نظیر هموژنیزه کردن، تمیز کردن، استریل کردن، حرارت دادن، امولسیون سازی[5]، مهار فعالیت آنزیم ها و میکروب ها و متلاشی کردن سلول، تشدید واکنش های اکسیداسیون، اصلاح گوشت، اصلاح کریستالیزاسیون، و غیره استفاده می شود. بنابراین می توان گفت که کاربرد فراصوت در صنعت کشاورزی به فرکانس و شدت پرتو امواج فراصوت بستگی دارد. انتخاب فرکانس مناسب برای امواج فراصوت بسیار مهم است. معمولاً هیچ محدودیت تکنیکی برای انتخاب فرکانس نداریم، حتی رنج های گیگا هرتز هم قابل تولید هستند. فرکانس بالاتر برای کنترل روی جهت و وسعت پرتو فراصوت برای دستیابی به وضوح بیشتر بهتر است. اما در فرکانس های بالا

[1] - Destrusive
[2] - Ultrasound
[3] - Infrasound
[4] -Flow Rate
[5] - Emulsification