



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی

گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش فناوری پس از برداشت

عنوان:

طراحی و ساخت سیستم هوشمند آنلاین سورتینگ فندق با به‌کارگیری پردازش

سیگنال آکوستیک و شبکه عصبی مصنوعی

استاد (اساتید) راهنما:

پروفسور یوسف عباسپور گیلانده

دکتر ولی رسولی شریانی

پژوهشگر:

صابر نادری گرگری

تابستان ۹۶

نام خانوادگی دانشجو: نادری گرگری	نام: صابر
عنوان پایان نامه: طراحی و ساخت سیستم هوشمند آنلاین سورتینگ فندق با به کارگیری پردازش سیگنال آکوستیک و شبکه عصبی مصنوعی	
استاد راهنمای اول: پروفسور یوسف عباسپور گیلانده استاد راهنمای دوم: دکتر ولی رسولی شریبانی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی مکانیک بیوسیستم
گرایش: فناوری پس از برداشت	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۰۶/۲۶ تعداد صفحات: ۹۰
<p>چکیده: در این پژوهش با تلفیق تکنیک های پردازش سیگنال صوتی و شبکه عصبی مصنوعی، روشی برای دسته بندی و درجه بندی فندق ارائه شده است. بدین منظور، سیستمی طراحی و ساخته شد که در آن برای ایجاد سیگنال های صوتی یک صفحه فولادی با ضخامت ۳mm و ابعاد ۱۳۰mm × ۱۳۰mm مورد استفاده قرار گرفت. با برخورد فندق به صفحه فولادی، صدای تولید شده توسط میکروفنی که در زیر صفحه فولادی تعبیه شده بود، اندازه گیری و جهت ذخیره و پردازش های بعدی و آنلاین، توسط برنامه های نوشته شده در نرم افزارهای MATLAB و LABVIEW از طریق کارت صوتی به کامپیوتر منتقل شد. برای حذف صداهای محیطی اضافی، از مدار و حسگرهای مادون قرمز استفاده شد که در طراحی مدار آن از نرم افزار اکس پرس و برای برنامه نویسی ماژول و کارت جمع آوری دیتا از نرم افزار لب ویو استفاده شد. در قسمت اکتساب داده از خصوصیات حوزه زمان و حوزه ویولت برای این کار استفاده شد. برای دسته بندی و درجه بندی فندق از شبکه عصبی مصنوعی متلب استفاده شد که پس از استخراج ویژگی سیگنال های حاصل از برخورد، از شبکه عصبی SOM که یادگیری و اعتبارسنجی تواما بصورت خودکار انجام می گیرد، انتخاب شد. انتخاب مدل بهینه بر اساس شباهت و نزدیکی خصوصیات و تراکم خوشه ها که نشان دهنده تعداد نرون های مورد استفاده در تقریب می باشد، صورت گرفت. برای ارزیابی عملکرد سیستم، ۴۰۰ فندق که ۱۰۰ شامل فندق بزرگ سالم، ۱۰۰ شامل فندق کوچک سالم، ۱۰۰ عدد شامل فندق شکسته و ۱۰۰ شامل فندق پوچ بود، مورد استفاده قرار گرفت. مناسب ترین مدل شبکه عصبی برای درجه بندی فندق ها به دسته های فندق بزرگ سالم، کوچک سالم، شکسته و پوک SOM بوده و بصورت ساختار ۴-۱-۲۰۰۰ به دست آمد. در نهایت دقت برای تشخیص فندق های بزرگ پر ۹۷/۱٪، کوچک پر ۹۸/۲٪، شکسته با ابعاد متفاوت ۹۴/۱٪ و پوک ۸۹/۷٪ به دست آمد که حاکی از دقت کلی ۹۴/۸٪ برای سیستم ارائه شده در حالت آفلاین می باشد. با استفاده از نوع شبکه عصبی خودسازمانده و با بررسی در حالت آنلاین که تلفیقی از نرم افزارهای متلب و لب ویو برای ۱۰۰ عدد از هر فندق، دقت ۷۹/۲٪، برای فندق های بزرگ پر، ۶۸/۵٪ برای فندق های کوچک پر، ۶۷/۳٪ فندق های شکسته با ابعاد متفاوت و ۶۹/۴٪ فندق های پوک به دست آمد که حاکی از دقت کلی ۷۱/۱٪ برای سیستم ارائه شده در حالت آنلاین می باشد.</p>	
کلید واژه ها: پردازش سیگنال صوتی، تبدیل ویولت، سورتینگ، شبکه عصبی مصنوعی، فندق	

شماره و عنوان مطالب	صفحه
---------------------	------

فصل اول: مقدمه و مروری بر منابع گذشته

۱-۱- مقدمه	۲
۱-۱-۱- تولید فندق در ایران و جهان	۲
۱-۱-۲- صنایع تبدیلی در ایران	۳
۱-۱-۳- فندق و دستگاه‌های فرآوری آن	۳
۱-۱-۴- لزوم فرآوری فندق و مراحل آن	۴
۱-۱-۵- استفاده از سیستم‌های نوین در فرآوری	۵
۱-۲- ضرورت تحقیق و اهداف آن	۵
۱-۳- فندق و خواص آن	۶
۱-۳-۱- فندق	۶
۱-۳-۲- ارزش تغذیه‌ای فندق	۶
۱-۳-۲-۱- روغن فندق	۶
۱-۳-۲-۲- ویتامین‌های فندق	۷
۱-۳-۲-۳- املاح فندق	۷
۱-۴- مبانی نظری پژوهش	۷
۱-۴-۱- سیستم آکوستیکی	۷
۱-۴-۱-۱- سیستم‌های تغذیه	۷
۱-۴-۱-۲- سیستم صوتی	۹
۱-۴-۱-۳- سیستم جداکننده	۱۰
۱-۴-۲- صوت	۱۰
۱-۴-۲-۱- فرمول شدت صوت	۱۱

- ۱۱-۱-۴-۲-۲- فرمول تراز شدت صوت.....
- ۱۲-۱-۴-۲-۳- بسامد.....
- ۱۲-۱-۴-۲-۴- طول موج.....
- ۱۲-۱-۴-۲-۵- دامنه.....
- ۱۲-۱-۴-۲-۶- شدت صوت.....
- ۱۲-۱-۴-۲-۷- هارمونیک (موج فرعی).....
- ۱۲-۱-۴-۲-۸- پژواک.....
- ۱۳-۱-۴-۲-۹- پس آوا.....
- ۱۳-۱-۴-۳- روش‌های تولید صدا.....
- ۱۴-۱-۴-۴- سیگنال.....
- ۱۵-۱-۴-۴-۲- تعریف سیگنال.....
- ۱۵-۱-۴-۴-۳- انواع سیگنال‌ها.....
- ۱۶-۱-۴-۴-۴- سیگنال‌های پیوسته زمانی.....
- ۱۶-۱-۴-۴-۵- سیگنال‌های گسسته زمانی.....
- ۱۷-۱-۴-۴-۶- سیگنال دیجیتال.....
- ۱۸-۱-۴-۴-۷- سیگنال‌نمایی مختلط.....
- ۱۹-۱-۴-۴-۸- سیگنال سینوسی.....
- ۲۰-۱-۴-۵- تبدیل ویولت.....
- ۲۱-۱-۴-۵-۲- روابط ریاضی تبدیل ویولت.....
- ۲۲-۱-۴-۵-۳- رزولوشن در صفحه زمان فرکانس.....
- ۲۴-۱-۴-۵-۴- تبدیل ویولت پیوسته.....
- ۲۴-۱-۴-۵-۵- تبدیل ویولت گسسته.....
- ۲۶-۱-۴-۵-۶- حوزه زمان و حوزه فرکانس.....
- ۲۹-۱-۴-۶- شبکه‌های عصبی مصنوعی.....
- ۲۹-۱-۴-۶-۱- شبکه‌های عصبی بیولوژیکی.....

- ۳۱-۴-۶-۲-تعریف شبکه‌های عصبی مصنوعی.....
- ۳۱-۴-۶-۳-مدل ریاضی نرون.....
- ۳۲-۴-۶-۴-ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی.....
- ۳۳-۴-۶-۵-محاسن و دلایل استفاده از شبکه عصبی.....
- ۳۴-۴-۶-۶-ANN.....
- ۳۴-۴-۶-۷-شبکه عصبی پرسپترون.....
- ۳۵-۴-۶-۸-قانون یادگیری پرسپترون تک لایه (SLPR).....
- ۳۵-۴-۶-۹-شبکه‌های پرسپترون چندلایه (MLP).....
- ۳۶-۵-۱-مروری بر تحقیقات انجام شده.....
- ۳۶-۵-۱-تحقیقات انجام شده مبتنی بر پردازش سیگنال صوتی.....
- ۴۱-۵-۲-تحقیقات انجام شده مبتنی بر کاربرد شبکه‌های عصبی.....

فصل دوم: مواد و روش‌ها

- ۴۵-۲-۱-کلیات روش تحقیق.....
- ۴۶-۲-۲-خواص فیزیکی فندق.....
- ۴۶-۲-۱-اندازه یا ابعاد فندق.....
- ۴۷-۲-۲-ضریب کرویت.....
- ۴۷-۳-۲-مفهوم طراحی و وظیفه طراح.....
- ۴۸-۳-۱-تشخیص و تعریف یک نیاز.....
- ۴۸-۳-۲-عوامل مؤثر در طراحی.....
- ۴۹-۳-۳-نرم‌افزارهای مهندسی مورد استفاده.....
- ۵۰-۴-۲-طراحی و ساخت بخش مکانیکی سیستم.....
- ۵۱-۴-۲-۱-طراحی شاسی.....
- ۵۲-۴-۲-۲-طراحی سیستم تغذیه.....
- ۵۲-۴-۲-۱-مخزن تغذیه.....

۵۳	.....۲-۲-۴-۲- موزع دیسکی
۵۴	.....۳-۲-۴-۲- شاسی و پوشاننده
۵۵	.....۴-۲-۴-۲- موتورهای الکتریکی
۵۵	.....۵-۲-۴-۲- بلبرینگ‌ها و شفت موزع دیسکی
۵۶	.....۳-۴-۲- طراحی سیستم صوتی
۵۶	.....۱-۳-۴-۲- میکروفن
۵۷	.....۲-۳-۴-۲- حسگرهای مادون قرمز
۵۸	.....۳-۳-۴-۲- صفحه برخورد
۵۸	.....۴-۳-۴-۲- جعبه آکوستیک
۶۰	.....۵-۳-۴-۲- مدار جمع‌آوری صدا
۶۱	.....۶-۳-۴-۲- لپ‌تاپ یا کامپیوتر شخصی
۶۲	.....۴-۴-۲- طراحی مدارها و قسمت‌های جانبی
۶۳	.....۵-۲- طراحی واحد سورتینگ و کلاس‌بندی فندق
۶۳	.....۱-۵-۲- موتور گیربکس‌دار ۱۲ ولت
۶۳	.....۲-۵-۲- پولی A و پولی B
۶۴	.....۳-۵-۲- گیت واحد سورتینگ
۶۴	.....۴-۵-۲- حسگرهای مادون قرمز واحد سورتینگ
۶۵	.....۶-۲- طراحی واحد تغذیه برق و کنترل الکترونیکی
۶۶	.....۱-۶-۲- منبع تغذیه الکتریکی
۶۶	.....۲-۶-۲- بوردهای راه‌انداز
۶۶	.....۳-۶-۲- برد واسط
۶۶	.....۴-۶-۲- کارت DAQ
۶۸	.....۷-۲- روش‌های اجرایی بخش نرم‌افزاری سیستم
۶۸	.....۱-۷-۲- کلیات
۶۸	.....۲-۷-۲- مراحل طراحی

- ۶۹.....اجزاء سیستم، ۳-۷-۲
- ۷۰.....تحلیل و توضیح بخش‌های نرم‌افزاری سیستم، ۴-۷-۲
- ۷۰.....داده‌برداری، ۱-۴-۷-۲
- ۷۵.....انتخاب ویژگی‌ها، ۲-۴-۷-۲
- ۷۵.....طبقه‌بندی شبکه‌های عصبی مصنوعی، ۳-۴-۷-۲

فصل سوم: نتایج و بحث

- ۷۸.....انتخاب شبکه عصبی مصنوعی، ۱-۳
- ۷۹.....جداسازی فندق‌ها (حالت off-line)، ۲-۳
- ۷۹.....نتایج حاصل از سیگنال‌ها در حوزه زمان و ویولت، ۱-۲-۳
- ۸۱.....برآورد شبکه عصبی مصنوعی بهینه و درصد تشخیص سیستم، ۲-۲-۳
- ۸۲.....جداسازی فندق‌ها (حالت On-line)، ۳-۳

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۸۵.....نتیجه‌گیری، ۱-۴
- ۸۶.....پیشنهادات، ۲-۴
- ۸۷.....منابع و ماخذ، منابع و ماخذ، ۱-۴

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۱ - ۱: میزان تولید فندق در ایران.....	۳

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل	صفحه
شکل ۱ - ۱: نمونه‌ای از دستگاه فرآوری و بسته‌بندی فندق.....	۴
شکل ۱ - ۲: دستگاه مغزکن فندق.....	۵
شکل ۱ - ۳: سیستم تغذیه.....	۸
شکل ۱ - ۴: سیستم تغذیه تسمه‌نقاله پیاله‌دار.....	۸
شکل ۱ - ۵: طرح گردونه سیار.....	۹
شکل ۱ - ۶: نمونه سیگنال پیوسته زمانی.....	۱۶
شکل ۱ - ۷: نمونه سیگنال گسسته زمانی.....	۱۶
شکل ۱ - ۸: نمونه‌ی یک سیگنال دیجیتال که فقط مقادیر ۰ و ۱ را اتخاذ کرده است.....	۱۷
شکل ۱ - ۹: روش ساخت سیگنال دیجیتال از روی سیگنال پیوسته زمانی.....	۱۸
شکل ۱ - ۱۰: سیگنال نمایی حقیقی کاهنده و افزایشنده.....	۱۸
شکل ۱ - ۱۱: سیگنال سینوسی.....	۱۹
شکل ۱ - ۱۲: انواع تبدیل‌های ویولت مادر.....	۲۲
شکل ۱ - ۱۳: نمایش رزولوشن در صفحات مختلف.....	۲۳
شکل ۱ - ۱۴: نمایش نحوه محاسبه تبدیل ویولت گسسته ۳ مرحله‌ای از ایده بانگ فیلتر برای سیگنال- دلخواه.....	۲۶
شکل ۱ - ۱۵: مراحل تجزیه سیگنال توسط تبدیل ویولت گسسته.....	۲۷
شکل ۱ - ۱۶: یک ثانیه سیگنال گفتار و تبدیل ویولت آن به ۴ زیر بانده.....	۲۸
شکل ۱ - ۱۷: ساختمان یک نرون بیولوژیکی.....	۳۰
شکل ۱ - ۱۸: مدل نرون تک ورودی.....	۳۱
شکل ۱ - ۱۹: شبکه تک لایه با S نرون.....	۳۲
شکل ۱ - ۲۰: فرم فشرده یا ماتریسی شبکه تک لایه با S نرون.....	۳۳
شکل ۱ - ۲۱: شبکه پیش‌خور دو لایه.....	۳۳

- شکل ۱ - ۲۲: مدلی از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون..... ۳۴
- شکل ۱ - ۲۳: پرسپترون تک لایه..... ۳۵
- شکل ۱ - ۲۴: شبکه عصبی پرسپترون چندلایه..... ۳۶
- شکل ۱ - ۲۵: سیستم مورد استفاده در بررسی کیفیت هندوانه..... ۳۸
- شکل ۱ - ۲۶: سیستم مورد استفاده برای جداسازی ارقام مختلف سیب..... ۳۸
- شکل ۱ - ۲۷: سیستم آزمایشگاهی پیروسون برای جداسازی پسته‌های خندان و ناخندان..... ۳۹
- شکل ۱ - ۲۸: طرح‌واره‌ی دستگاه رطوبت‌سنج برخط دانه..... ۴۰
- شکل ۱ - ۲۹: سیستم آزمایشگاهی ساخته‌شده توسط حسین پور و همکاران (۱۳۸۹) برای جداسازی سیب-زمینی..... ۴۱
- شکل ۱ - ۲: ابعاد فندق برحسب میلی‌متر، L_n ، W_n و T_n به ترتیب طول، پهنا و ضخامت فندق..... ۴۶
- شکل ۲ - ۲: نمای کلی از سیستم طراحی شده به‌وسیله نرم‌افزار کتیا..... ۵۰
- شکل ۲ - ۳: نمای دیگری از سیستم هوشمند سورتینگ برخط (On-line) فندق..... ۵۱
- شکل ۲ - ۴: شاسی دستگاه..... ۵۲
- شکل ۲ - ۵: مخزن فندق..... ۵۳
- شکل ۲ - ۶: موزع غلتکی..... ۵۴
- شکل ۲ - ۷: پوشاننده‌ی موزع غلتکی..... ۵۵
- شکل ۲ - ۸: بلبرینگ و شفت غلتک..... ۵۶
- شکل ۲ - ۹: الف) میکروفن خازنی، ب) جزئیات میکروفن خازنی..... ۵۷
- شکل ۲ - ۱۰: طرح‌واره حسگرهای مادون قرمز..... ۵۸
- شکل ۲ - ۱۱: محفظه آکوستیک..... ۵۹
- شکل ۲ - ۱۲: مدار جمع‌آوری سیگنال صدا..... ۶۰
- شکل ۲ - ۱۳: مدار کنترل سرعت موتور DC..... ۶۲
- شکل ۲ - ۱۴: قیف جمع‌کننده فندق‌ها..... ۶۳
- شکل ۲-۱۵: مراحل طراحی نرم‌افزاری یک سیستم هوشمند مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی..... ۶۵
- شکل ۲ - ۱۶: بلوک دیاگرام مراحل نرم‌افزاری سیستم..... ۶۷

- شکل ۲- ۱۷: تصویر سه نوع فندق موردنظر برای جداسازی..... ۶۹
- شکل ۲- ۱۸: تنظیم نرم‌افزاری پانل کنترلی و مانیتورینگ دستگاه..... ۶۹
- شکل ۲- ۱۹: نمایی از صفحه‌نمایش آنلاین شکل موج پانل کنترلی..... ۷۲
- شکل ۲- ۲۰: سیگنال نمونه‌برداری شده در حوزه زمان..... ۷۳
- شکل ۳- ۱: ساختار شبکه انتخابی..... ۷۹
- شکل ۳- ۲: تصویر سه نوع فندق مورد آزمایش..... ۸۰
- شکل ۳- ۳: منحنی سیگنال یک نمونه فندق در حوزه زمان..... ۸۰
- شکل ۳- ۴: منحنی سیگنال یک نمونه فندق در حوزه ویولت..... ۸۱
- شکل ۳- ۵: توپولوژی نرم‌افزاری وسخت‌افزاری سیستم..... ۸۲



فصل اول

۱-۱- مقدمه

فندق با نام علمی اولانا کوری لاس^۱ درختچه‌ای است به ارتفاع تقریباً دو متر که ارتفاع آن در نواحی مساعد تا ۶ متر نیز می‌رسد. فندق به علت داشتن فسفر زیاد باعث تقویت مغز می‌شود و از نظر ویتامین‌های گروه B و E که برای حفظ سلامتی مغز و خون‌سازی ضروری هستند، غنی می‌باشد. به عبارتی دیگر از همه‌ی قسمت‌های درخت فندق اعم از میوه، برگ، گل، پوست، ساقه، تنه، ریشه، چوب و... در طب برای درمان بیماری‌ها و داروسازی و صنایع غذایی و شکلات‌سازی، رنگ‌سازی و نقاشی، صنایع دستی، مصرف سوخت و ... استفاده می‌کنند. از این رو می‌توان درخت فندق را درختی پربرکت و میوه‌ی آن را به‌عنوان گوهر ناشناخته ایران و بعضاً جهان نامید (بی‌نام الف، ۱۳۹۱).

۱-۱-۱- تولید فندق در ایران و جهان

فندق یکی از اقلام عمده خشکبار است که امروزه تولید و مصرف این محصول به شکل‌های گوناگون از قبیل خام؛ بوداده، خمیر، بلغور، و آرد به‌طور مستقیم یا به‌صورت فرآوری در صنایع روغن‌کشی، شیرینی و شکلات‌سازی سهم و جایگاه به‌سزایی یافته و در اقتصاد پاره‌ای از کشورهای جهان موفقیت ویژه‌ای را کسب کرده است. فندق در بیش از ۲۰ کشور جهان کشت و کار می‌شود و دامنه گسترده‌ی فندق به حوزه‌های آبی بزرگ مانند دریای سیاه، خزر، مدیترانه و اقیانوس آرام محدود می‌شود. از مراکز اصلی تولید آن می‌توان به ترکیه، ایتالیا، اسپانیا، آمریکا، جمهوری آذربایجان و ایران اشاره نمود. در ایران استان‌های گیلان، اردبیل، قزوین، گرگان، مازندران و قم از مناطق کشت فندق محسوب می‌شوند. مهم‌ترین نواحی تولید فندق در ایران ناحیه (اشکور و علیا) به‌ویژه روستاهای کاکرود، ارکم، شاهراج، کیارمش و... است، و بیش از ۶۰ درصد تولید فندق ایران را تحت پوشش دارد و در مجموع نیز ۸۵ درصد تولیدی ایران متعلق به استان گیلان می‌باشد. طبق آمار فائو، ایران سالانه با تولید ۲۱۴۴۰ تن (جدول ۱-۱) در سال ۲۰۱۱ رتبه ششم تولید فندق را در جهان دارا می‌باشد. با توجه به موقعیت تولید فندق در ایران و بخصوص گیلان و امکانات توسعه این محصول به‌عنوان یکی از فعالیت‌های عمده ارزآور کشاورزی، به نظر می‌رسد بررسی روند تولید و تجارت جهانی محصول فندق برای دست‌اندرکاران کشاورزی و به‌ویژه برای صادرکنندگان خالی از فایده نباشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در میان تولیدکنندگان فندق، کشور همسایه یعنی ترکیه توانسته است با تولید و عرضه انبوه فندق در بازارهای جهانی علاوه بر کمک به ایجاد اشتغال و حداقل ثابت نگه‌داشتن نرخ اشتغال، میلیون‌ها دلار ارز عاید کشور خود کند. به‌طوری‌که این کشور هم‌اکنون عمده‌ترین تولیدکننده فندق بوده و در صدر فهرست صادرکنندگان فندق در تجارت جهانی قرار دارد (بی‌نام الف، ۱۳۹۱؛ راحمی، ۲۰۰۰ و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد- فائو، ۲۰۱۲).

¹ - Corylus avellana

جدول ۱-۱ میزان تولید فندق در ایران (ایسنا).

کشور	آیتم	المان	سال	واحد	مقدار
ایران	فندق با پوست سخت	تولید	۱۳۹۵	تن	۳۰۰۰۰
ایران	فندق با پوست سخت	تولید	۱۳۹۴	تن	۲۲۰۰۰
ایران	فندق با پوست سخت	تولید	۱۳۹۳	تن	۱۲۰۰۰
ایران	فندق با پوست سخت	تولید	۱۳۹۲	تن	۱۰۰۰۰
ایران	فندق با پوست سخت	تولید	۱۳۹۱	تن	۲۰۰۰۰
ایران	فندق با پوست سخت	تولید	۱۳۹۰	تن	۲۱۴۴۰

۱-۱-۲- صنایع تبدیلی در ایران

امروز تولید فندق در اقتصاد پاره‌ای از کشورهای جهان موفقیت ویژه‌ای را کسب کرده است با توجه به موقعیت تولید فندق در ایران و بخصوص گیلان و امکانات توسعه این محصول به‌عنوان یکی از فعالیت‌های ارزآور عمده کشاورزی، به نظر می‌رسد. ایجاد صنایع تبدیلی و تکمیلی مناسب برای فرآوری فندق امری ضروری می‌باشد. در این صورت علاوه بر مصارف خشکبار، هم چون کشورهای اروپایی از این محصول ارزشمند در محصولات آرایشی و دارویی استفاده خواهد شد. در بخش مربوط به خواص دارویی، فندق تنها محصول کشاورزی در دنیا بوده که همه ۲۰ نوع اسیدآمینو ضروری بدن انسان را دارا می‌باشد؛ بنابراین از این لحاظ یک محصول حیاتی برای تولید دارو می‌باشد. فندق در ایران همچون بسیاری از محصولات کشاورزی از عرضه‌ی خام و فله‌ای رنج می‌برد درحالی‌که کشورهای دیگر هم چون ترکیه با ایجاد صنایع تبدیلی، درآمد هنگفتی از فرآوری و بسته‌بندی و صادرات این محصول کسب می‌کنند. ترکیه به علت گستردگی صنایع تبدیلی خود، به شکل محصولاتی چون شکلات و شیرینی آن‌هم به قیمتی چندین برابر ارزش فندق خام و یا به‌صورت محصول بسته‌بندی شده‌ی باکیفیت و خام به ایران صادر می‌کند. بدین‌جهت لزوم ایجاد صنعت فرآوری و بسته‌بندی را در ایجاد ارزش‌افزوده، کاهش ضایعات، افزایش ماندگاری، توسعه صادرات، عرضه مناسب‌تر محصول و ایجاد اشتغال، مطرح ساخته است، کاری که دست‌اندرکاران شرکت سترگ‌دانه آسیا در شهرک صنعتی اشتهارد واقع در استان البرز را بر آن داشت که تنها کارخانه فرآوری و بسته‌بندی مغز فندق را در کشور با استفاده از دستگاه‌های خارجی راه‌اندازی کنند (بی‌نام ب، ۱۳۹۱).

۱-۱-۳- فندق و دستگاه‌های فرآوری آن

یکی از محصولات کشاورزی ایران که به سایر کشورهای دنیا صادر می‌شود، فندق می‌باشد. طبق گزارش فائو، ایران در سال ۲۰۱۱ با ۲۱۴۴۰ تن و عملکرد ۸۴/۱۰۱۹۸ هکتو گرم بر هکتار رتبه ششم تولید فندق را در جهان دارا می‌باشد (بی نام پ؛ سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد- فائو، ۲۰۱۲).

تاکنون کوشش‌هایی در جهت افزایش میزان تولید و بهبودی روش‌های تولید به‌عمل‌آمده است، اما فندق باکیفیت ایران، زمانی می‌تواند جایگاه خود را بهبود بخشد که این کوشش‌های بیشتر شده و ادامه یابد. یکی از اساسی‌ترین نیازها در این زمینه، طراحی و توسعه ماشین‌های سورتینگ و گریدینگ تک‌دانه فندق می‌باشد. در حال حاضر ماشین‌آلات فرآوری فندق شامل دستگاه‌های درجه‌بندی میوه خام فندق، خشک‌کن، فندق‌شکن، دستگاه جداسازی مغز از پوسته، سفیدکننده مغز فندق، درجه‌بندی مغز فندق، سورت‌رنگی مغز فندق، شورکن، برشته‌کن و ماشین‌آلات بسته‌بندی محصول می‌باشد که در اندازه‌ها و ظرفیت‌های کارگاهی و خط تولید قابل تهیه و تأمین می‌باشد (شکل ۱-۱). در حال حاضر در ایران دستگاه‌های فرآوری و بسته‌بندی آن‌چنان‌که لازم هست جایگاه خود را پیدا نکرده است و همچون بسیاری دیگر از محصولات کشاورزی، فندق به‌صورت خام و فله‌ای به فروش می‌رسد این در حالی است که فندق ایران پس از فرآوری و بسته‌بندی، توان صدور به سایر کشورها را دارد. صنعت فرآوری و بسته‌بندی اگر با استفاده از فناوری‌های جدید گسترش داده شود، حجم صادرات این محصول از آنچه در حال حاضر صورت می‌گیرد نیز بالا خواهد رفت علاوه بر این با ایجاد ارزش افزوده بیشتر، ارزش صادراتی فندق نیز به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (بی‌نام ج، ۱۳۹۱).



شکل ۱-۱: نمونه‌ای از دستگاه فرآوری و بسته‌بندی فندق

۱-۱-۴- لزوم فرآوری فندق و مراحل آن

علت اینکه فندق فرآوری می‌شود عبارت است از:

۱- نگهداری محصول به منظور فراهم شدن بازار فروش: چون محصول تازه قابلیت انبارداری طولانی مدت را ندارد، بنابر این باید تا زمانی که بازار فروش فراهم می‌شود به طریقی نگهداری شود که در اثر اکسیداسیون ناشی از وجود روغن به کیفیت آن لطمه‌ای وارد نشود. خشک کردن امکان نگهداری طولانی‌تر محصول را فراهم می‌کند.

۲- آماده‌سازی برای ارائه به بازار: در شرایطی که بازار برای جذب حداکثری محصول تولیدی آمادگی ندارد فندق باید به روشی برای مدتی در انبار نگهداری شود.

۳- افزایش کیفیت: از آنجایی که فندق‌های خندان (شکسته) محل مناسبی برای رشد قارچ آسپرژیلوس، مولدسم آفلاتوکین می‌باشد، بنابراین فرآوری محصول جهت افزایش کیفیت ضروری است. به کلیه عملیاتی که منجر به پوست‌گیری، جداسازی، خشک کردن، درجه‌بندی میوه خام‌فندق، شکستن فندق، جداسازی مغز از پوسته، سفید

کردن مغز فندق، درجه‌بندی مغز فندق، شور کردن برشته کردن و بسته‌بندی فندق می‌شود، فرآوری می‌گویند. این عملیات توسط یک دستگاه کاملاً مکانیزه فرآوری و در مدتی بسیار کوتاه انجام می‌شود، به طوری که محصول و آرد شده از باغ و آرد دستگاه پوست‌کن شده و پوست نرم و سبز آن جدا می‌شود محصول خارج‌شده از پوست‌کن شامل فندق پوست‌گیری شده، فندق پوک، نیم مغز، مواد خارجی شامل پوست و ذرات خوشه و فندق‌های ریز و یا دارای شکل نامرتب که ورود آن‌ها به مجموعه فندق‌های مرغوب باعث کاهش کیفیت می‌شود، می‌باشد. پس از خروج فندق از پوست‌کن و قبل از انجام هرگونه عملیات فرآوری کلیه موارد فوق‌الذکر که باعث کاهش مرغوبیت محصول نهایی یا ایجاد اشکال در عملیات فرآوری فندق می‌شوند، باید از محصول جدا شوند. برای این منظور از دستگاه بوجاری استفاده می‌کنند و درنهایت فندق‌ها جهت خشک شدن نهایی آماده می‌گردد تا به حد رطوبت ایده‌آل برسند و پس از درجه‌بندی فندق خام و بسته‌بندی آماده ارسال به بازار می‌شوند یا جهت خارج کردن مغز فندق و آرد دستگاه فندق‌شکن می‌شود (شکل ۱-۲) بعد از شکستن پوست سخت فندق از مغز آن جدا شده و بعد از عملیات سفید کردن مغز فندق، درجه‌بندی مغز فندق، شور کردن، برشته کردن و بسته‌بندی فندق آماده ارسال به بازار می‌شوند (بی‌نام ت، ۱۳۹۱).



شکل ۱-۲: دستگاه مغزکن فندق

۱-۱-۵- استفاده از سیستم‌های نوین در فرآوری

سیستم آزمون در دستگاه‌های درجه‌بندی نباید به زمان‌های طولانی جهت تنظیمات دوباره یا مهندسی پیچیده نرم‌افزاری نیاز داشته باشد. بدین سبب در این تحقیق از سیستم هوشمند با قابلیت یادگیری استفاده گردید. روش‌های سنتی آماری برای مدل کردن سیستم اغلب غیرقابل مدیریت هستند و یا اگر سیستم اصلی به صورت خطی قابل تخمین نباشد، یا به صورت هم‌زمان متغیرهای اندازه‌گیری شده متعدد مدنظر باشد، قابل حل نیستند. سیستمی که به دور از اشکالات موجود در سیستم‌های سنتی باشد، کاربرد طبقه‌بندی‌های قابل آموزش خودکار چون شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) است. لذا با توجه به جایگاه تولید فندق ایران در دنیا، ضروری به نظر می‌رسد که از سیستمی که نیاز به کارهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری پیچیده نداشته باشد، استفاده گردد. در این پایانه نامه از شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک جایگزین مناسب به‌جای سیستم قبلی که انعطاف لازم را در برخورد با نویز در یک محصول جدید را ندارد، استفاده گردیده است.

۱-۲- ضرورت تحقیق و اهداف آن

در مناطق کشت فندق ایران، یکی از مشکلات عمده کشاورزان، فاقد مغز بودن این محصول قبل از رسیدن کامل می‌باشد که با بررسی مشکل در طول رشد و نمو محصول، هنوز پوکی فندق به‌طور کامل برطرف نشده است و

انجام می‌دهند. به‌عنوان مثال اسیداولئیک موجود در روغن فندق از افزایش کلسترول خون پیشگیری می‌کند، فندق قند خون را تنظیم می‌کند و آپوپروتئین A-1 را که پیشگیری از بروز بیماری‌های عروق سیاه‌رگ مفید است، افزایش می‌دهد و آپوپروتئین که مضر می‌باشد را کاهش می‌دهد. دیگر اسید چرب مفید در روغن فندق، اسیدلینولئیک است که به مقدار زیادی در روغن فندق یافت می‌شود. این روغن نقش مهمی در رشد و سلامت اندام دارد (غلامی دشتکی، ۱۳۹۰).

۱-۳-۲-۲- ویتامین‌های فندق

فندق یک منبع خوب از ویتامین B₁، ویتامین B₂ و ویتامین B₆ است. این ویتامین‌ها برای حفظ سلامت مغز و خون‌سازی ضروری هستند، مخصوصاً برای کودکان در حال رشد. تحقیقات اثبات کرده است که مصرف ۲۵ تا ۳۰ گرم فندق در روز، تمامی ویتامین E مورد نیاز روزانه بدن را تأمین می‌کند و برای پیشگیری از بیماری‌های عروق سیاه‌رگ قلبی و سرطان کافی است. روغن فندق بهترین منبع شناخته‌شده ویتامین E است که برای سلامت ماهیچه‌های قلب و سایر ماهیچه‌های بدن ضروری است. این ویتامین از تجزیه و همولیز گلبول‌های قرمز خون جلوگیری می‌کند، بنابراین به‌عنوان نوعی محافظ در برابر کم‌خونی یا آنمی عمل می‌کند (غلامی دشتکی، ۱۳۹۰).

۱-۳-۲-۳- املاح فندق

فندق دارای کلسیم می‌باشد که برای رشد استخوان‌ها و دندان ضروری هست. آهن موجود در فندق، در خون‌سازی نقش دارد. روی که نقش مهمی در هورمون‌های جنسی دارد و پتاسیم که برای تحریک سیستم عصبی و عملکرد مناسب عضلات و ماهیچه‌ها ضروری هست، از مواد معدنی موجود در فندق می‌باشد (غلامی دشتکی، ۱۳۹۰).

۱-۴-۱- مبانی نظری پژوهش

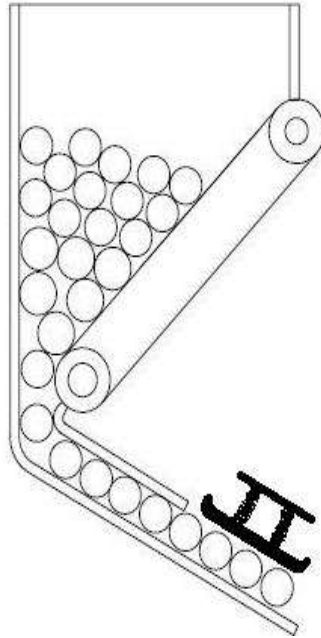
۱-۴-۱- سیستم آکوستیکی

پیرسون (۲۰۰۱) برای تشخیص پسته‌های خندان از پسته‌های ناخندان از روش آکوستیکی استفاده نمود هدف وی در وهله‌ی اول، ارزیابی علمی بودن امکان جداسازی پسته‌های خندان و ناخندان بر مبنای صوت حاصل از ضربه بود و در مرحله دوم می‌خواست دقت این روش مکانیکی مرسوم مقایسه کند. سیستم به نحوی طراحی شد که پسته‌ها به‌صورت تک‌تک روی سطح برخورد سقوط کنند. صوت حاصل از برخورد پسته با سطح صلب، توسط میکروفن دریافت و پردازش شده و بر مبنای اینکه صدا متعلق به پسته‌های خندان یا ناخندان است، توسط جریان هوا به دو دسته تقسیم نمود. سیستم‌های آکوستیکی عموماً بر اساس پاسخ صوتی حاصل از ضربه کار می‌کنند و خصوصیات صوتی در حوزه‌ی زمان و فرکانس در این سیستم‌ها مطرح می‌باشد.

۱-۴-۱- سیستم‌های تغذیه

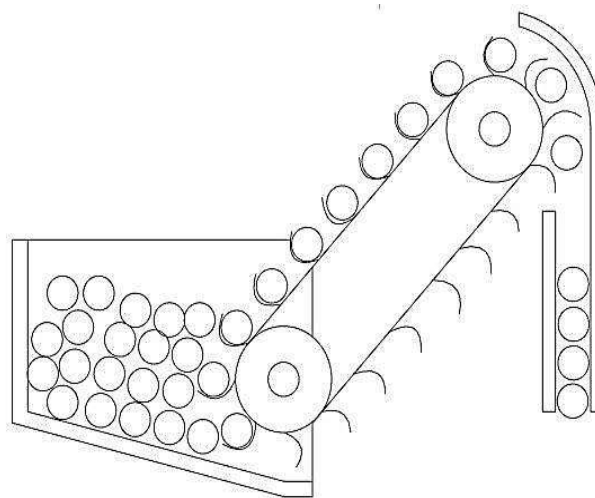
یکی از روش‌های تغذیه قطعات کروی منظم مانند ساچمه و گلوله می‌باشد. طرح مذکور (شکل ۱-۳) شامل یک مخزن، تسمه‌نقاله و یک وسیله فتری می‌باشد. قطعات در اثر نیروی وزن به سمت مجرای خروجی جریان می‌یابند. تسمه‌نقاله در جهت خلاف جریان قطعات و روبه بالا حرکت می‌کند سبب می‌شود تا مجرای خروجی مسدود نشود و قطعات تحت تأثیر نیروی وزن به‌طور منظم در کانال خروجی جریان یابند. در انتها کانال یک

قطعه فنری قرار دارد و وظیفه آن اعمال نیرو به قطعات می‌باشد و بر این اساس سرعت آن‌ها کاسته می‌شود. زمانی که نیرو در جهت شیب کانال در اثر افزایش قطعات در کانال بیشتر از نیروی اصطکاکی حاصل از فشار فنر شود قطعه از نیرو فنر آزاد شده و شروع به حرکت می‌کند (فرهادی، ۱۳۹۲).



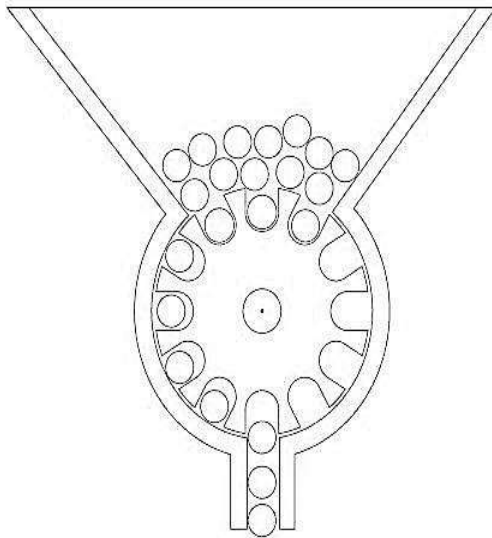
شکل ۱-۳: سیستم تغذیه

روش دیگر جهت جداسازی تک تک محصول با اشکال نسبتاً منظم استفاده از تسمه‌نقاله پیاله‌دار می‌باشد. این مکانیسم از مخزن، تسمه‌نقاله دار و لوله سقوط تشکیل شده است (شکل ۱-۴). روش کار دستگاه به این‌گونه است که تسمه‌نقاله‌دار جهت انتخاب و برداشتن محصول و انتقال به لوله سقوط استفاده می‌شود.



شکل ۱-۴: سیستم تغذیه تسمه‌نقاله پیاله‌دار

یکی دیگر از روش‌های تک‌دانه کردن، استفاده از یک گردونه سیاره‌دار می‌باشد (شکل ۱-۵) به این ترتیب که یک استوانه‌ی سیاردار که روی محیط آن شیارهای متناسب با ابعاد محصول موردنظر هست، وجود دارد و در زیر مخزن محصول می‌چرخد. زیرمخزن دریچه‌ای جهت خروج محصول وجود دارد. محصول بعد از ورود به مخزن داخل شیار استوانه قرار می‌گیرند و استوانه با چرخش خود محصول را به بیرون مخزن انتقال می‌دهد.



شکل ۱-۵: طرح گردونه سیار

لازم به ذکر است که در اکثر مکانیزم‌هایی که توضیح داده شد، محصول باید دارای شکل هندسی منظم و ابعاد نسبتاً یکسانی داشته باشند.

۱-۴-۱-۲- سیستم صوتی

سیستم صوتی شامل یک سطح برخورد، میکروفن، محفظه آکوستیک، کابل میکروفن رابط، ال ای دی‌های روشنایی داخل جعبه، جک پیچی تنظیم فاصله میکروفن با صفحه فولادی، جک پیچی تنظیم زاویه جعبه آکوستیک، سوراخ چشمی کنترل فاصله میکروفن با صفحه فولادی، میله و پیچ‌های تثبیت واحد آکوستیک، واحد الکترونیکی سیستم صوتی (حس‌گرهای مادون قرمز و انواع آی سی) و کامپیوتر یا لپ تاپ شخصی است که در زیر به اختصار وظیفه‌ی هر کدام توضیح داده می‌شود:

سطح برخورد: وظیفه‌ی سطح برخورد، تولید صوت در اثر برخورد محصول به آن می‌باشد. برخی پارامترهای مؤثر در کیفیت صوت تولیدشده عبارت‌اند از: جنس و ضخامت سطح برخورد و ارتفاع و نحوه‌ی برخورد محصول با سطح.

میکروفن: وظیفه‌ی میکروفن دریافت امواج صوت تولیدشده می‌باشد. بطوریکه شدت صوت تولیدشده در اثر برخورد محصول با سطح برخورد ضعیف می‌باشد لذا حساسیت میکروفن در تفکیک امواج دریافتی از عوامل مهم

در دقت پردازش داده‌های درجه‌بندی می‌باشد. خروجی میکروفن به یک کارت پردازشگر دیجیتال که در کامپیوتر نصب شده، متصل می‌شود.

محفظه آکوستیکی: برای جلوگیری از تداخل صوت‌های تولیدشده‌ی نامطلوب (محیط پیرامون) با صوت تولیدشده در اثر برخورد محصول با سطح برخورد، میکروفن داخل یک محفظه عایق‌بندی شده با فوم و پشم قرار داده می‌شود.

کابل رابط میکروفن: اتصال بین اجزای الکترونیکی و میکروفن و کامپیوتر را فراهم می‌کند. ال ای دی‌های روشنایی: دو نوع از این چراغ‌های کوچک جهت روشنایی داخل جعبه برای کنترل فاصله میکروفن با صفحه فولادی نصب شده است

جک پیچی تنظیم فاصله میکروفن: از آنجایی که تنظیم فاصله میکروفن از جعبه فولادی هر لحظه به‌طور دقیق لازم باشد از طریق پیچ تنظیم خارج از جعبه آکوستیک میسر می‌باشد.

جک پیچی تنظیم زاویه جعبه آکوستیک: برای هدایت فندق‌های پرتاب‌شده در اثر برخورد با صفحه فولادی به داخل واحد جمع‌کننده فندق تنظیم زاویه از سطح افق می‌باشد.

سوراخ چشمی: جهت کنترل شهودی فاصله میکروفن از سطح زیرین صفحه فولادی جعبه آکوستیک می‌باشد. میله و پیچ‌های تثبیت واحد آکوستیک: وظیفه این میله و پیچ‌ها تثبیت و مهار حرکت به چپ یا راست احتمالی جعبه آکوستیک می‌باشد.

واحد الکترونیکی سیستم صوتی: کار این واحد که از چند تا آی سی و حسگرهای مادون‌قرمز تشکیل شده ارتباط لحظه‌ای میکروفن با کارت صوتی می‌باشد.

کامپیوتر: کلیه عملیات تنظیم عوامل، کنترل ورودی و خروجی‌ها و پردازش سیگنال‌های صوتی تولیدشده توسط محصول را انجام می‌دهد و بر اساس آن فرمان جداسازی را به واحد عملگر و سورتینگ ارسال می‌کند (محمودی، ۱۳۸۵).

۱-۴-۱-۳- سیستم جداکننده

انواع سیستم‌های مکانیکی، نیوماتیکی و... برای سیستم‌ها می‌توان تعبیه کرد که عمل جداسازی را بدون دخالت دست انجام بدهند. نمونه‌ای از سیستم‌های نیوماتیکی توسط محمودی (۱۳۸۵) جهت جداسازی پسته‌های خندان از پسته‌های ناخندان مورد استفاده قرار گرفت.

۱-۴-۲- صوت

امواج صوتی، امواج مکانیکی طولی هستند. این امواج می‌توانند در جامدات، مایعات و گازها منتشر شوند. ذرات مادی منتقل‌کننده این امواج، در راستای انتشار موج نوسان می‌کنند. امواج مکانیکی طولی در گستره وسیعی از بسامدهای به وجود می‌آیند و در این میان بسامدهای امواج صوتی در محدوده‌ای قرار گرفته‌اند که می‌توانند گوش و مغز انسان را برای شنیدن تحریک کننده این محدوده تقریباً از ۲۰ هرتز تا حدود ۲۰۰۰۰ هرتز است و گستره شنیده شدنی نامیده می‌شود. امواج مکانیکی طولی را که بسامدشان زیر گستره شنیده شدنی باشد، امواج فرصوتی و آن‌هایی که بسامدشان بالای این گستره باشد، امواج فراصوتی گویند. موج‌های کشسان با فرکانس‌هایی بین ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز که توسط یک منبع مرتعش (مثل بلندگو) در هوا منتشر می‌شوند، انرژی مکانیکی را از منبع به گوش انسان منتقل می‌کنند. این موج‌ها که در برخورد با پرده گوش، آن را مرتعش

می‌کنند و احساس شنیدن به وجودمی آورند امواج صوتی نامیده می‌شوند. گوش فقط می‌تواند صداهایی را بشنود که شدت آن در حدود معینی قرار دارد. در خارج از این حدود، دیگر صوت قابل شنیدن نیست. اگر صدایی خیلی ضعیف باشد شنیده نمی‌شود و اگر قوی باشد، خارج از حد شنوایی حس و باعث ناراحتی و حتی درد هم می‌شود فیزیک موج‌های کشسان با فرکانس‌های بالاتر از ۲۰۰۰۰ هرتز را اولتراسوندیا (فراصوت) می‌نامند. علمی که با روش‌های تولید، دریافت و انتشار صوت به طریق الکتریکی و ضبط (میکروفن بلندگو تقویت کننده و...) سروکار دارد الکتروآکوستیک نام دارد. از یک منبع تولید صوت موج‌ها تقریباً در تمام جهات منتشر می‌شوند و آهنگ انتقال انرژی موج با مجذور دامنه و با مجذور فرکانس بستگی دارد. بنابراین با دور شدن از منبع صوتی و بزرگ شدن جبهه موج انرژی صوت در سطح گسترده‌تری توزیع می‌شود و انرژی که به گوش می‌رسد به تدریج کاهش می‌یابد. در نتیجه صدا را ضعیف‌تر می‌شنوید (هالیدی و رزینک، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۱- فرمول شدت صوت

شدت صوت برابر است با مقدار انرژی که توسط امواج صوتی در واحد زمان از واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت عبور داده می‌شود. واحد آن وات بر متر مربع (W/m^2) می‌باشد. شدت صوت به انرژی صوت که توسط امواج صوتی منتشر می‌شود بستگی دارد و در نتیجه با مجذور دامنه و مجذور فرکانس متناسب است. شدت صوت با توان دوم فاصله از منبع، نسبت معکوس دارد (هالیدی و رزینک، ۱۹۹۰)، یعنی:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \quad (1-1)$$

که در این رابطه،

I_1 : شدت صوت اولیه (W/m^2)

I_2 : شدت صوت ثانویه (W/m^2)

d_1 و d_2 : فاصله از منبع تولید توان (m)

۱-۴-۲-۲- فرمول تراز شدت صوت

انسان می‌تواند صوت‌هایی که شدت آن‌ها در گستره (W/m^2) 10^{-12} تا ۱ قرار دارد را بدون احساس درد و ایجاد خطر برای گوش بشنود شدت صوت (W/m^2) 10^{-12} را آستانه‌ی شنوایی و شدت (W/m^2) ۱ را آستانه احساس می‌گویند.

تراز شدت یک صوت، لگاریتم نسبت شدت آن صوت به شدت صوت مبنا است. تراز شدت را با β نشان می‌دهند و واحد آن B (بل) یا dB (دسی بل) است (هالیدی و رزینک، ۱۹۹۰). لذا:

$$\beta = \log_{10} \left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (2-1)$$

که در این رابطه،

β : تراز شدت صوت (B) (بل) یا dB (دسی بل)

I_0 : شدت صوت مبنا (W/m^2)

مقدار شدت صوت مبنا برابر (W/m^2) 10^{-12} بوده و تراز شدت صوت سطح مبنا برابر صفر است تراز شدت آستانه دردناکی گوش انسان برابر ۱۲۰ دسی بل است (هالیدی و رزنیك، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۳- بسامد

تعداد حرکت نوسانی را در مدت زمان معین بسامد می نامند. زمان اندازه گیری نوسان ها ثانیه می باشد و تعدادشان با واحد هرتز مشخص می شود هر قدر بسامد صدا بیشتر باشد یعنی حرکت ارتعاشی تندتر باشد صدای حاصل زیرتر و هر چه قدر بسامد آن کمتر باشد بم تر خواهد بود (هالیدی و رزنیك، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۴- طول موج

طول موج عبارت اند از ارتعاش یک موج کامل در واحد زمان (ثانیه) و واحد آن با متر محاسبه می شود به عبارت دیگر، جسم مرتعش هر تناوب کامل را در مدت زمانی مشخص انجام می دهد که به آن طول موج می گویند. واحد طول موج متر بوده و هر چه این مقدار کوتاه تر باشد صدا زیرتر و در صورت بلند بودن، صدا بم تر می باشد (هالیدی و رزنیك، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۵- دامنه

حداکثر مسافتی است که جسم مرتعش از حالت تعادل خود در وسط به دو طرف (نقاط اوج) طی می کند. دامنه بیانی از شدت صداست. هر چه دامنه صدا بلندتر صدا شدیدتر و در صورت کوتاه بودن صدا ضعیف تر است (هالیدی و رزنیك، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۶- شدت صوت

احساس بلندی و کوتاهی صدا، مربوط به انرژی حمل شده با امواج صوتی است و بر حسب دسی بل می باشد که یک واحد مقایسه ای است و عبارت است از ده برابر \log نسبت شدت صدای مورد نظر به شدت یک سطح مقایسه ای که به طور قراردادی صدایی است که دارای 0.0002 میکرو بار فشار بوده و به عنوان آستانه شنوایی در انسان در نظر گرفته می شود. فرکانس شنوایی انسان بین محدوده $20000 - 20$ سیکل در ثانیه بوده که دارای شدتی برابر $60 - 30$ دسی بل می باشد. تفاوت بلندی و شدت صوت به این صورت است که شدت صوت یک کمیت فیزیکی است اما بلندی صوت یک خاصیت فیزیولوژیکی که علاوه بر شدت صوت به گوش انسان نیز بستگی دارد (هالیدی و رزنیك، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۷- هارمونیک (موج فرعی)

صدا ترکیبی از چند موج صوتی است. دانشمندان هر موج صوتی را هارمونیک می نامند مجموع این هارمونیک ها صدای انسان را تشکیل می دهند. تفاوت صدای افراد ناشی از تفاوت در همین هارمونیک می باشد (هالیدی و رزنیك، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۸- پژواک

پژواک زمانی تولید می‌گردد که صدا از موانع انعکاس یابد. برخی از اشیاء مثل چوب، مقوای نازک و موارد دیگر صوت را جذب می‌کنند. سرعت صوت ۳۴۰ متر در ثانیه می‌باشد (هالیدی و رزنیک، ۱۹۹۰).

۱-۴-۲-۹- پس آوا

پس آوا مدت‌زمانی است که صوت پس از خاموش شدن منبع صوت، می‌تواند در فضا دوام داشته باشد و کمیتی قابل‌محاسبه می‌باشد (هالیدی و رزنیک، ۱۹۹۰).

۱-۴-۳- روش‌های تولید صدا

یکی از مسائل مهم در محصولات کشاورزی چگونگی تولید صدای محصول مورد ارزیابی می‌باشد. روش تولید صوت در این مواد به این دلیل حائز اهمیت است که باید صدای حاصله، واقعاً صدای آن ماده باشد. بدیهی است از آنجاکه باید این صدا به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم نماینده‌ی ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی آن محصول باشد، نمی‌توان هر صدایی را به‌عنوان صدای محصول قلمداد کرده و مورد تجزیه و تحلیل قرارداد. ساده‌ترین روش برای شنیدن صدای یک ماده کشاورزی تحریک مکانیکی آن توسط برخورد دادن آن با یک جسم دیگر است. این جسم دوم، می‌تواند یک‌تکه چوب، سطح آهنی یا ضربه آزاد یک چکش باشد. همچنین یک میوه می‌تواند هنگام غلت خوردن درون یک ناودان انتقال‌دهنده، صدا تولید کند. آنچه از آزمایشات متفاوت مشخص شده است این است که متأسفانه در تمام این روش‌ها همیشه یک‌صدای اضافه در زمینه‌ی صدای محصول تولید می‌شود که همانا صدای سطح دوم یا عامل تحریک مکانیکی یا همان سطح برخورد است. این صدای مزاحم به‌سختی قابل‌فیلتر کردن است. بدیهی است که چنین چالشی در هنگام رویارویی با صدای انسان، حیوان یا هر موجود دیگری که خود مولد صدا است وجود نداشته و تنها در مورد مواد ساکت از جمله محصولات کشاورزی وجود دارد. روش‌های مکانیکی تولید صدایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند روش تک‌ضربی و روش چند ضربی به شرح زیر می‌باشد (ایوانی، ۱۳۸۶).

- روش تک‌ضربی: ساده‌ترین نوع تحریک صوتی محصول، واردکردن یک ضربه به آن و بررسی پاسخ محصول به این ضربه غیر مخرب است. چنین کاری اساساً روش تحریک صوتی میوه‌ها را تشکیل می‌دهد. رایج‌ترین روش تولید صوت، این روش می‌باشد. پیروسون (۲۰۰۱) از این روش برای تولید صدای پسته جهت تشخیص پسته‌های خندان و پسته‌های ناخندان و در نتیجه درجه‌بندی کردن آن‌ها استفاده کرد. این روش متشکل از یک ناودانی از جنس نبشی فولادی در اندازه ۳۸/۱ در ۳۸/۱ میلی‌متری که به یک سطح مکعب فولادی با سطح صیقل داده‌شده به ابعاد $60 \times 50 / 8 \times 50 / 8$ میلی‌متر ختم می‌شود. در تحقیق پیروسون (۲۰۰۱) پسته‌ها به‌صورت تک‌تک از روی سطح نبشی لیز خورده و از وجه جانبی خودروی مکعب فولادی برخورد می‌کردند و میکروفن که زیر مکعب فولادی قرار داشت، صدای دیاپازن شکل پسته را دریافت می‌کرد.

- یکی دیگر از روش‌های تولید صدا به روش تک‌ضربی استفاده از یک ضربه زدن دقیق می‌باشد. دقیق‌ترین روش تک‌ضربی تولید صدا برای مواد این روش می‌باشد. به این معنا که با یک شدت مشخص به قسمت خاصی از میوه ضربه واردشده و میکروفن که تقریباً به میوه چسبیده است، پاسخ آکوستیک گذرنده از درون میوه را به تحلیل‌گر

انتقال می‌دهد بدیهی است که چنین روشی بسیار کند بوده و برای تنها تعداد محدود میوه و با در اختیار داشتن زمان کافی امکان‌پذیر است.

- سیستمی نیز توسط ایوانی (۱۳۸۷) طراحی و ساخته شده که بتواند ضربه‌ی یک چکش کوچک را با فواصل زمانی قابل کنترل، با شدت به قسمت شکمی گردو وارد کرده و میکروفن با فاصله حدود یک میلی‌متر از طرف دیگر گردو، پاسخ آکوستیک گردو را برای تحلیل دریافت نماید. موتور این دستگاه از نوع بسیار ساکت بوده و کلیه‌ی قسمت‌های انتقال توان نیز از لاستیک ساخته شده‌اند تا نویز حاصل از انتقال توان، حتی‌الامکان کاهش داده شود. مهم‌ترین عیب این روش زمان بر بودن داده‌برداری آن می‌باشد. مدت‌زمان لازم برای ضبط صدای هر گردو حدود ۲۰ ثانیه بوده که این زمان زیادی می‌باشد. این روش برای بررسی کیفیت درونی میوه‌های موجود در انبار و با انتخاب تصادفی تعداد محدودی میوه به صورت انفرادی و زمان‌بر، مناسب می‌باشد.

- روش چند ضربی: در این روش می‌توان هر میوه را چندین بار و احیاناً از جهت‌های مختلف و با شدت‌های متفاوت تحریک کرد. مزیت اصلی این روش این است که به جای یک پاسخ، چندین پاسخ از میوه برای تحلیل می‌توان تولید کرد.

یکی از روش‌های چند ضربی تولید صدا با استفاده از چند سطح با شیب متغیر ابداعی ایوانی (۱۳۸۶) می‌باشد به این گونه که میوه بعد از عبور از روی یک سطح، بلافاصله روی سطح دیگر با شیب متفاوت سقوط کند و به این ترتیب میوه در طول مسیر خود روی سطح با شیب متفاوت سقوط کرده و تولید صدا می‌کند. ایوانی (۱۳۸۶) از روش چند ضربی با چندین سطح برخورد با جنس‌های مختلف جهت بررسی طیف بسامدی پاسخ آکوستیک گردو استفاده کرد. تحت این شرایط به جای یک برخورد حداقل چهار برخورد وجود داشته و اطلاعات صوتی نسبت به حالت تک‌ضربی حداقل چهار برابر خواهد شد. برخلاف این که این روش در شبیه‌سازی توسط کامپیوتر جواب قابل قبولی ارائه می‌داد اما در عمل جواب‌گو نبود که این امر می‌تواند به دلیل ناهمگونی میوه و احتمال متفاوت بودن ضریب ارتجاعیت قسمت‌های مختلف پوست گردو باشد.

۴-۴-۱- سیگنال

۴-۴-۱- مقدمه

واژه‌های سیگنال و سیستم از واژه‌های رایج در علوم مختلف مهندسی و غیرمهندسی است. در همه‌ی این علوم، سیگنال بیان‌گر یک پدیده‌ی فیزیکی است که تابعی از یک متغیر مستقل می‌باشد و سیستم مجموعه‌ی منظمی است که ممکن است دارای یک یا چندین سیگنال ورودی و یک یا چندین سیگنال خروجی باشد. می‌توان سیگنال‌های ورودی به سیستم را به‌عنوان محرک‌ها یا اثر محیط خارج بر سیستم و سیگنال‌های خروجی را به‌عنوان واکنش یا رفتار سیستم نسبت به آن محرک‌ها در نظر گرفت.

در علوم مختلف، طبیعت سیگنال‌ها و سیستم‌ها کاملاً متفاوت هستند. در مهندسی مکانیک، یک سیگنال می‌تواند نیروی مکانیکی وارد بر یک جسم یا صوت (به مفهوم ارتعاشات مولکول‌های هوا) حاصل از حرکت یک اتومبیل در نظر گرفته شود. در مهندسی برق، ولتاژ و جریان دو سیگنال پرکاربرد هستند. و هر مداری، متشکل از عناصر خطی مثل سلف، خازن و مقاومت و یا عناصر غیرخطی مثل دیود و ترانزیستور، را می‌توان، یک سیستم

تلقی کرد؛ بنابراین با نمونه گیری از کمیت ها در واحدهای زمانی مختلف می توان تشکیل یک سیگنال را بدست آورد. پردازش سیگنال نیز علمی است که به آنالیز سیگنال ها می پردازد (آلن اپنهایم و همکاران، ۱۹۹۸).

۱-۴-۲- تعریف سیگنال

سیگنال تابعی از یک متغیر است و حاوی اطلاعاتی در مورد حالت یا رفتار فیزیکی یک پدیده یا سیستم می باشد. به عبارت دیگر سیگنال نوعی خبر است که اطلاعاتی در مورد پدیده فیزیکی مورد نظر به مخاطب ارائه می دهد. سیگنال ها از نظر ریاضی به صورت توابعی چند متغیره نمایش داده می شوند. سیگنال ها ممکن است جهت توصیف طیف وسیعی از پدیده های مادی و فیزیکی به کار برده شوند (آلن اپنهایم و همکاران، ۱۹۹۸).

روش ایجاد سیگنال بستگی به ماهیت آن دارد. به عنوان مثال، سیستم صوتی انسان می تواند نوعی اغتشاش کنترل شده در هوای اطراف دهان ایجاد نماید که آن را صوت می نامند. به عبارت بهتر، دهان و حنجره، با همکاری یکدیگر، می توانند باعث تغییر فشار هوا و ایجاد سیگنال صوتی شوند. چنین سیگنالی، سیگنال مکانیکی نامیده می شود. البته سیگنال های مختلف با ماهیت های متفاوت، قابل تبدیل به یکدیگر هستند. به عنوان مثال سیگنال صوتی مکانیکی، به سادگی قابل تبدیل به سیگنال الکتریکی است. این عمل تبدیل توسط حسگرها انجام می شود. انواع مختلفی از حسگرها نیز جهت تبدیل سایر پارامترهای مکانیکی، از قبیل فشار و دما به سیگنال های الکتریکی طراحی شده اند. یک سیگنال الکتریکی می تواند ولتاژ یا جریان باشد (آلن اپنهایم و همکاران، ۱۹۹۸).

در تمامی مثال های فوق سیگنال مطرح شده یک تابع یک بعدی از زمان است اما سیگنال می تواند تابعی از دو متغیر مستقل باشد. به عنوان مثال، نمودار روشنایی هر نقطه در یک تصویر، بیانگر یک سیگنال دوبعدی است به این سیگنال، سیگنال تصویری گویند. برای توصیف سیگنال دوبعدی، سه متغیر مورد نیاز است. به ماهیت های متفاوت سیگنال صوتی و سیگنال تصویری توجه کنید که در اولی متغیر مستقل، زمان، در دومی متغیرهای مستقل، دوبعدی از مکان هستند. از طرف دیگر، متغیر تابع در سیگنال صوتی، به میزان فشار هوا در محیط مربوط است. ولی در سیگنال تصویری، متغیر تابع میزان روشنایی یک مکان از تصاویر می باشد؛ بنابراین سیگنال ها بسیار متنوع اند و دارای ابعاد (دیمنسیون) مختلف هستند (آلن اپنهایم و همکاران، ۱۹۹۸).

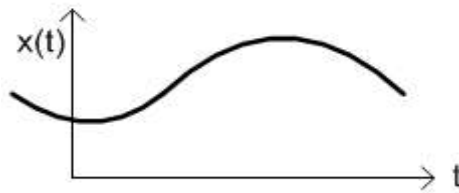
۱-۴-۳- انواع سیگنال ها

می توان سیگنال ها را با توجه به خواص متفاوتشان دسته بندی کرد. به عنوان مثال یک سیگنال می تواند تصادفی یا معین باشد. یک سیگنال به وسیله یک رابطه ریاضی یا نمودار و یا به وسیله ی یک جدول مقادیر بیان می شود. به عنوان مثال رابطه ی بین سیگنال f ، نیروی وارده بر یک جسم صلب با جرم m و شتاب a را می توان با رابطه ی ریاضی $f=ma$ نمایش داد. همچنین ممکن است سیگنال نیروی مذکور به صورت یک منحنی بر حسب دو متغیر جرم و شتاب در یک دستگاه مختصات سه بعدی نمایش داده شده و یا مقدار نیرو بر حسب دو متغیر دیگر به صورت یک جدول ارائه گردد. در حالی که برای بیان سیگنال های تصادفی از مدل های احتمال و روش های آماری استفاده می شود. به عنوان مثال نویز در سیستم های مخابراتی یک سیگنال تصادفی است که نمی توان برای آن رابطه

ریاضی مشخص برحسب زمان ارائه کرد. بیان نویز به صورت یک منحنی مشخص برحسب زمان نیز ممکن نیست. به همین دلیل، یک سیگنال تصادفی معمولاً با کمک یک تابع توزیع یا تابع چگالی احتمال یا دیگر روش‌های مبتنی بر آمار و احتمالات مهندسی بیان می‌شود. به عنوان مثال، نویز حرارتی که یکی از پرکاربردترین نویزهاست با تابع چگالی احتمال گوسی که دارای دو مقدار متوسط واریانس است بیان می‌شود و رفتار آن با کمک تئوری احتمالات مورد بررسی قرار می‌گیرد (آلن اپنهایم و همکاران، ۱۹۹۸).

۴-۴-۱-۴- سیگنال پیوسته زمانی

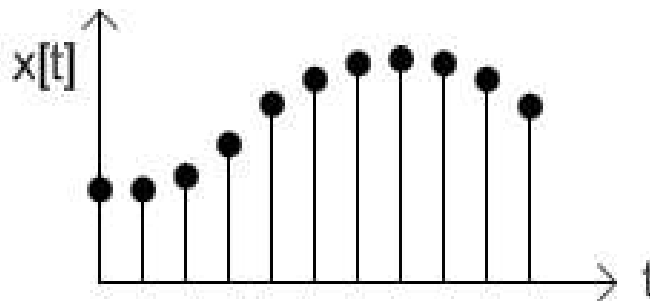
سیگنال پیوسته زمانی سیگنالی است که متغیر مستقل آن، معمولاً زمان است و مقادیر پیوسته‌ای را اتخاذ می‌کند. نمونه‌ای از این سیگنال‌ها در شکل ۶-۱ رسم شده است. سیگنال پیوسته زمانی به صورت $x(t)$ نمایش داده می‌شود متغیر مستقل گاهی می‌تواند مکان یا پارامتر فیزیکی دیگر باشد. شکل ۶-۱: نمونه سیگنال پیوسته زمانی سیگنال صوتی به صورت تابعی از زمان و سیگنال فشار اتمسفر به صورت تابعی از ارتفاع، نمونه‌هایی از سیگنال‌های پیوسته‌ی زمانی هستند. پدیده‌های فیزیکی که به صورت سیگنال قابل بیان هستند، اکثراً سیگنال پیوسته زمانی می‌باشند. لذا اگر فقط محور افقی در نمایش سیگنال به ازای مقادیر پیوسته تعریف شده باشد، اصطلاحاً آن سیگنال را سیگنال پیوسته زمانی می‌نامند (الن اپنهام و همکاران، ۱۹۹۸).



شکل ۶-۱: نمونه سیگنال پیوسته زمانی

۴-۴-۱-۵- سیگنال گسسته زمانی

سیگنال گسسته زمانی است که متغیر مستقل آن مقادیر گسسته‌ای را اتخاذ می‌کند و دامنه آن می‌تواند مقادیر پیوسته و یا گسسته‌ای را اتخاذ نماید. یک نمونه از این سیگنال‌ها، در شکل ۷-۱ رسم شده است. سیگنال گسسته زمانی را به صورت $x[t]$ نمایش می‌دهند.



شکل ۷-۱: نمونه سیگنال گسسته زمانی

Family name: Naderi-Gar gari	Name: Saber
Title of Thesis:Design and construction of real time sorting and grading machine of hazelnut using acoustic signal processing method	
Supervisor(s):Prof.Yousef Abbaspour-Gilandeh and Dr.Vali Rasooli-Sharabiani	
Graduate Degree M.Sc.	
Major:Mechanics of Biosystems	Specialty:Postharvest Technology
University: University of Mohaghegh Ardabili	Faculty: Agriculture and Natural Resources
Graduation date:2017/09/15	Number of pages: 90
<p>Abstract: In this research, a method is presented for grading and sorting and categorizing of hazelnut by combining acoustic signal processing and artificial neural network (ANN) techniques. For this purpose a system was designed and constructed which acoustic signal was produced using a 130×130mm steel plate with thickness of 3mm. By contacting the hazelnut to the steel plate, the produced sound was measured by a microphone which was placed under the plate and it was transmitted to the computer by sound card to save in the computer memory and for the real time and next processes on MATLAB and LABVIEW2014 software. To avoid the excessive environment ambient noises a Infrared circuit and sensor was used. For designing the circuit and programming of Data acquisition Card, electronic software Express and LABVIEW were used, respectively. Time and wavelet domains were used in data acquisition. For sorting and grading of hazelnuts, MATLAB software was used... After extracting features of signals, The SOM Neural Network, which is a self-learning and validation tool, is selected. The choice of an optimal model based on the specificity of the individual Compression Cluster, which determines the number of neurons that are used concurrently For evaluating system performance, 400 hazelnuts were used in four groups including 100 sound large, 100 sound small, 100 defected, broken and100 sound empty nuts. The most suitable network of SOM for sorting hazelnut is for full large, full small, different dimension broken and empty hazelnuts As Structure 4 groups was obtained to have a 2000–1–4 architecture.. Finally the accuracy for full large, full small, different dimension broken and empty hazelnuts were 97.1%,98.2%, 94.1% and 89.7% respectively and it showed the total accuracy of 94.8% for system in offline mode. By using this neural Self-organizing network and Check online mode That compilation from MATLAB and LABVIEW software for100 hazelnuts for each group, the accuracy for full big, full small, different dimension broken and empty hazelnuts were (79.2%), (68.5%), (67.3%) and (69.4%), respectively and it showed the total accuracy of (71.1%)for system in online mode. it provides a high-level control, fast response rate software LABVIEW2014.</p>	
Keywords: Acoustic signal processing, Artificial neural networks, Hazelnuts, Sorting, Wavelet transform.	



University of Mohaghegh Ardabili

Faculty of Agriculture and Natural Resources

Department of Biosystems Engineering

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of
M.Sc. in Mechanics of Biosystems Engineering-Postharvest**

Title:

**Design and construction of real time sorting and grading machine of hazelnut
using acoustic signal processing method**

Supervisor(s):

Yousef Abbaspour-Gilandeh(Prof)

Vali Rasooli-Sharabiani(Ph.D)

By:

Saber Naderi-Gar gari

September - 2017