



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی  
گروه آموزشی مکانیک بیوسیستم

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی مکانیک بیوسیستم گرایش فناوری پس از برداشت

### عنوان

**تشخیص رسیدگی سیب رد دلشیز (Red delicious) با استفاده از سیستم بینایی ماشین**

استاد راهنما

پروفسور یوسف عباسپور گیلانده

اساتید مشاور

دکتر علیرضا قنبری

دکتر حسن ملکی لجایر

پژوهشگر

لیلا امیرسیدی

شهریور ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: امیرسیدی	نام: لیلا
عنوان پایان‌نامه: تشخیص رسیدگی سیب قرمز رد دلیشز (Red delicious) با استفاده از سیستم بینایی-ماشین	
استاد راهنما: پروفسور یوسف عباسپور گیلانده اساتید مشاور: دکتر علیرضا قنبری، دکتر حسن ملکی لجایر	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مکانیک بیوسیستم
گرایش: فناوری پس از برداشت	دانشگاه محقق اردبیلی
دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۶/۲۵ تعداد صفحات: ۱۰۱
<p><b>چکیده:</b></p> <p>امروزه با پیشرفت فناوری گرایش های تازه ای از علوم به وجود آمده اند که ما را برای رسیدن به اهدافمان یاری می کنند و یکی از این شاخه ها، بینایی ماشین می باشد. این فناوری صدها برابر از چشم انسان دقیق تر، سریع تر و عملکردی با کمترین خطا دارد. در پژوهش حاضر نیز سعی شده است از توانایی این سیستم بهره گرفته شود. به همین منظور تحلیل رسیدگی سیب قرمز لبنانی مدنظر قرار داده شده و با استفاده از مدل رنگ RGB و شاخصهای بافتی به کمک جعبه ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب نسخه R2016a مورد بررسی واقع شده است. بدین منظور از یک دوربین Canon مدل 450D برای تصویربرداری و از محفظه ای گنبدی شکل با منابع نور ال ای دی و فلورسنت استفاده شد تا در حد امکان شرایط نور طبیعی ایجاد شود و با همین استدلال از شرایط نورپردازی ترکیبی استفاده شد به طوریکه از هر سیب ۳۱ تصویر رنگی با نورپردازیهای مختلف گرفته شد. از طرفی، ۵ شاخص آزمایشگاهی نیز جهت افزایش دقت کار و همچنین تعیین میزان همبستگی بین شاخص های آزمایشگاهی و شاخص های بینایی-ماشین، محاسبه شدند. در نهایت همبستگی بین همه شاخص ها به کمک کلاسیفایر شبکه عصبی تعیین شد و بیشترین میزان همبستگی، بین شاخص میزان مواد جامد محلول با شاخص مدل رنگ بینایی ماشین به میزان <math>(R^2=0/94)</math> مشاهده گردید. از طرفی، میزان همبستگی به کمک نرم افزار SPSS و با روش تحلیلی آنووا و پیرسون نیز مورد بررسی واقع شد. همچنین تمامی داده ها در سه گروه شاخص های بینایی ماشین، شاخص های آزمایشگاهی و شاخص های بینایی ماشین - آزمایشگاهی، جداگانه با استفاده از تحلیل تمیزی (Discriminant Analysis) که یک کلاسیفایر خطی می باشد، طبقه بندی شدند و نتایج طبقه بندی به ترتیب ۹۸/۳٪، ۹۳/۳٪ و ۹۸/۳٪ شد.</p>	
<p><b>کلید واژه ها:</b> رسیدگی، سیب قرمز لبنانی، بینایی ماشین، نشاسته، مواد جامد محلول، اسیدپتیت تیتراسیون</p>	

فصل اول: مقدمه و کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه.....	۹۶
۲-۱- بیان مساله.....	۹۸
۱-۲-۱- سیب.....	۹۸
۲-۲-۱- رسیدگی.....	۱۰۰
۳-۱- اهداف و رویکردهای تحقیق.....	۱۰۲
۱-۳-۱- تشخیص میزان کارآمدی شاخصه‌های شیمیایی و مکانیکی در تعیین رسیدگی.....	۱۰۲
۲-۳-۱- تشخیص میزان کارآمدی شاخصه‌های پردازش تصویر در تعیین رسیدگی.....	۱۰۳
۳-۳-۱- تعیین میزان همبستگی بین خصوصیات تصویری سیب قرمز رسیده با خواص شیمیایی و مکانیکی میوه در جهت تشخیص رسیدگی.....	۱۰۳
۴-۱- ضرورت تحقیق.....	۱۰۴
۵-۱- اهمیت سیستم بینایی ماشین.....	۱۰۶
۶-۱- کاربرد بینایی ماشین در کشاورزی.....	۱۰۷
۷-۱- پیشینه پژوهش.....	۱۰۷
۱-۷-۱- بینایی ماشین و پردازش تصویر.....	۱۰۷
۲-۷-۱- نورپردازی.....	۱۰۹
۳-۷-۱- تصویربرداری.....	Error! Bookmark not defined.
۴-۷-۱- قطعه‌بندی.....	Error! Bookmark not defined.
۵-۷-۱- سفتی سیب.....	Error! Bookmark not defined.
۶-۷-۱- درصد مواد جامد محلول.....	Error! Bookmark not defined.
۷-۷-۱- اسیدیت تیتراسیون.....	Error! Bookmark not defined.
۸-۷-۱- نشاسته.....	Error! Bookmark not defined.
۸-۱- محدودیت‌های پژوهش.....	Error! Bookmark not defined.

## فصل دوم: مبانی نظری پژوهش

- ۱-۲- سیستم بینایی ماشین ..... Error! Bookmark not defined.
- ۲-۲- اجزای سیستم بینایی ماشین ..... Error! Bookmark not defined.
- ۳-۲- نورپردازی ..... Error! Bookmark not defined.
- ۴-۲- تصویربرداری ..... Error! Bookmark not defined.
- ۱-۴-۲- طیف‌سنجی رامان ..... Error! Bookmark not defined.
- ۲-۴-۲- MIR و NMR ..... Error! Bookmark not defined.
- ۳-۴-۲- NIR ..... Error! Bookmark not defined.
- ۴-۴-۲- اشعه X و گاما ..... Error! Bookmark not defined.
- ۵-۴-۲- تصویربرداری با دوربین‌های دارای حسگر CCD یا CMOS ..... Error! Bookmark not defined.
- ۵-۲- پردازش تصاویر ..... Error! Bookmark not defined.
- ۱-۵-۲- تصویر دیجیتالی ..... Error! Bookmark not defined.
- ۲-۵-۲- نمایش تصاویر دیجیتال ..... Error! Bookmark not defined.
- ۳-۵-۲- پیش‌پردازش تصویر ..... Error! Bookmark not defined.
- ۴-۵-۲- بهینه‌سازی تصاویر ..... Error! Bookmark not defined.
- ۵-۵-۲- فیلتر کردن تصاویر ..... Error! Bookmark not defined.
- ۱-۵-۵-۲- فیلتر مکانی ..... Error! Bookmark not defined.
- ۲-۵-۵-۲- لاپلاسین ..... Error! Bookmark not defined.
- ۳-۵-۵-۲- گرادیان ..... Error! Bookmark not defined.
- ۴-۵-۵-۲- فیلتر فرکانسی ..... Error! Bookmark not defined.
- ۱-۴-۵-۵-۲- تبدیل فوریه ..... Error! Bookmark not defined.
- ۲-۴-۵-۵-۲- فیلتر پایین‌گذر ..... Error! Bookmark not defined.
- ۳-۴-۵-۵-۲- فیلتر بالاگذر ..... Error! Bookmark not defined.
- ۶-۵-۲- مدل‌های رنگ (فضای رنگ) ..... Error! Bookmark not defined.
- ۱-۶-۵-۲- مدل رنگ RGB ..... Error! Bookmark not defined.
- ۲-۶-۵-۲- مدل رنگ HSV ..... Error! Bookmark not defined.
- ۳-۶-۵-۲- مدل رنگ HSI ..... Error! Bookmark not defined.
- ۴-۶-۵-۲- مدل‌های رنگ CMY و CMYK ..... Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined..... $Y C_b C_r$  مدل رنگ ۵-۶-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....قطعه‌بندی ۷-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....آنالیز بافتی ۸-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....روش‌های آماری ۱-۸-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....روش‌های ساختاری یا هندسی ۲-۸-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....روش‌های تبدیلی ۳-۸-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....روش‌های مبتنی بر مدل ۴-۸-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....تفاوت بین پردازش تصویر و بینایی ماشین ۹-۵-۲

Error! Bookmark not defined.....شبکه عصبی ۱۰-۵-۲

### فصل سوم: مواد و روش پژوهش

Error! Bookmark not defined.....۱-۳-پیش گفتار

Error! Bookmark not defined.....۲-۳-بخش آزمایشگاهی

Error! Bookmark not defined.....۱-۲-۳-تهیه نمونه‌ها

Error! Bookmark not defined.....۲-۲-۳-نگهداری و انتقال نمونه‌ها

Error! Bookmark not defined.....۳-۲-۳-آزمون سفتی

Error! Bookmark not defined.....۴-۲-۳-اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS)

Error! Bookmark not defined.....۵-۲-۳-آزمون نشاسته

Error! Bookmark not defined.....۱-۵-۲-۳-تهیه بافر استخراج

Error! Bookmark not defined.....۲-۵-۲-۳-آماده‌سازی نمونه‌ها

Error! Bookmark not defined.....۳-۵-۲-۳-تهیه معرف یدین-اسیدکلریدریک

Error! Bookmark not defined.....۴-۵-۲-۳-تهیه محلول استاندارد نشاسته

Error! Bookmark not defined.....۶-۲-۳-اسیدیتته تیتراسیون

Error! Bookmark not defined.....۷-۲-۳-شاخص طعم (TSS/TA)

Error! Bookmark not defined.....۳-۳-بخش بینایی ماشین

Error! Bookmark not defined.....۱-۳-۳-سیستم سخت‌افزاری

Error! Bookmark not defined.....۱-۱-۳-۳-سیستم نورپردازی

Error! Bookmark not defined.....۲-۱-۳-۳-منابع نوری

**Error! Bookmark not defined.**.....۳-۱-۳-۳ تصویربرداری  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۳-۳ سیستم نرم‌افزاری  
**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۲-۳-۳ پیش پردازش  
**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۱-۲-۳-۳ تبدیل تصویر رنگی به قالب سطوح خاکستری  
**defined.**  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۱-۲-۳-۳ فیلتر مکانی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۲-۳-۳ قطعه‌بندی و انتخاب فضای رنگی مناسب  
**Error! Bookmark not defined.**.....۴-۳ استخراج خصوصیات  
**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۴-۳ خصوصیات فضای رنگی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۴-۳ خصوصیات بافتی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۲-۴-۳ کنتراست  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۲-۴-۳ همگنی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۳-۲-۴-۳ یکنواختی یا انرژی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۴-۲-۴-۳ آنتروپی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۵-۲-۴-۳ همبستگی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۶-۲-۴-۳ بیش‌ترین احتمال  
**Error! Bookmark not defined.**.....۵-۳-۵ تحلیل داده‌ها  
**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۵-۳ شبکه عصبی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۳-۵-۲ نرم افزار SPSS

### فصل چهارم: نتایج و یافته‌های پژوهش

۱-۴-۱ تشخیص رسیدگی سبب قرمز رد دلشز و طبقه بندی مراحل رسیدگی با استفاده از روش رگرسیون  
**Error! Bookmark not defined.**.....خطی در نرم‌افزار SPSS  
**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۱-۴ شاخص‌های بینایی ماشین  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۱-۴ شاخص‌های آزمایشگاهی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۳-۱-۴ شاخص‌های بینایی ماشین - آزمایشگاهی  
**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۴-۲ همبستگی بین خصوصیات استخراجی با روش تجزیه و تحلیل آنووا...  
**defined.**

**Error! Bookmark** ..... همبستگی بین خصوصیات استخراجی با روش تجزیه و تحلیل پیرسون .....  
**not defined.**

**Error! Bookmark not defined.**..... آزمایشگاهی ۱-۳-۴

**Error! Bookmark not defined.**..... بینایی ماشین ۲-۳-۴

**Error! Bookmark not** ..... شاخص های آزمایشگاهی - شاخص های بینایی ماشین .....  
**defined.**

۴-۴- تعیین ارتباط بین خصوصیات مختلف استخراجی از پردازش تصویر و هر کدام از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در سبب رقم ردلیشنز با کمک شبکه عصبی پس انتشار ساختار شبکه.  
**Error! Bookmark**  
**not defined.**

**Error! Bookmark** ۱-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی  
**not defined.**

**Error! Bookmark not** ۱-۱-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و میزان مواد جامد محلول  
**defined.**

**Error! Bookmark not** ۲-۱-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و میزان اسیدیته  
**defined.**

**Error! Bookmark not defined.**.. ۳-۱-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و میزان سفتی.

**Error! Bookmark not** ۴-۱-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و میزان نشاسته  
**defined.**

**Error! Bookmark** ۵-۱-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و میزان اسیدیته تیتراسیون  
**not defined.**

**Error! Bookmark not** ۲-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات رنگی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی.  
**defined.**

**Error! Bookmark not** ۱-۲-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات رنگی و میزان مواد جامد محلول  
**defined.**

**Error! Bookmark not defined.**..... ۲-۲-۴-۴ بین خصوصیات رنگی و میزان اسیدیته.....

**Error! Bookmark not defined.**.. ۳-۲-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات رنگی و میزان سفتی.

**Error! Bookmark not defined.** ۴-۲-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات رنگی و میزان نشاسته.

**Error! Bookmark** ۵-۲-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات رنگی و میزان اسیدیته تیتراسیون  
**not defined.**

**Error!** ۳-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی - رنگی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی  
**Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark** ۱-۳-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی-رنگی و میزان مواد جامد محلول  
**not defined.**

**Error! Bookmark not** ۲-۳-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی-رنگی و میزان اسیدیتته  
**defined.**

**Error! Bookmark not** ۳-۳-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی-رنگی و میزان سفتی بافت  
**defined.**

**Error! Bookmark not** ۴-۳-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی-رنگی و میزان نشاسته  
**defined.**

**Error! Bookmark** ۵-۳-۴-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی-رنگی و میزان اسیدیتته تیتراسیون.  
**not defined.**

۴-۴-۴ مقایسه عملکرد شبکه عصبی مصنوعی با ورودیهای مختلف برای خصوصیات فیزیکی و

**Error! Bookmark not defined.**.....شیمیایی

۵-۴ تعیین ارتباط بین خصوصیات مختلف استخراجی از پردازش تصویر و تمامی خصوصیات فیزیکی و

**Error! Bookmark not** ..... شیمیایی در سبب رقم رد دلشز با کمک شبکه عصبی پس انتشار  
**defined.**

**Error! Bookmark not** ۱-۵-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی و شاخص‌های آزمایشگاهی  
**defined.**

**Error! Bookmark not** ۲-۵-۴ ارتباط بین خصوصیات رنگی و شاخص‌های آزمایشگاهی  
**defined.**

**Error! Bookmark** ۳-۵-۴ ارتباط بین خصوصیات بافتی-رنگی و شاخص‌های آزمایشگاهی  
**not defined.**

### فصل پنجم: نتیجه‌گیری و بحث

**Error! Bookmark not defined.**.....۱-۵ نتیجه‌گیری

**Error! Bookmark not defined.**.....۲-۵ پیشنهادات

**Error! Bookmark not defined.**..... فهرست منابع و مآخذ



## فهرست جداول

شماره و عنوان مطالب	صفحه
جدول (۱-۱) ده کشور برتر تولیدکننده سیب در جهان.....	۹۹
جدول (۲-۱) مواد مغذی در هر ۱۰۰ گرم سیب با پوست (فائو).....	۱۰۴
جدول (۱-۲) منابع نوری به همراه مزایا و منابع آنها.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
جدول (۱-۴) دقت جداسازی شاخصه‌های پردازش تصویر با رگرسیون خطی	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
جدول (۲-۴) ضرایب تابع خطی فیشر شاخصه‌های پردازش تصویر	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

جدول (۳-۴) دقت جداسازی شاخصه‌های آزمایشگاهی با روش رگرسیون خطی **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۴-۴) ضرایب تابع خطی فیشر شاخصه‌های آزمایشگاهی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۵-۴) ماتریس درهم ریختگی مربوط به عملکرد طبقه بندی Discriminant analysis **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۶-۴) توابع خطی فیشر با حضور هر دو شاخص‌های آزمایشگاهی و بینایی ماشین **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۷-۴) همبستگی آنووا برای کل شاخص‌ها... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۸-۴) همبستگی پیرسون بین شاخص‌های آزمایشگاهی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۹-۴) همبستگی پیرسون شاخص‌های مدل رنگی بینایی ماشین **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۰-۴) همبستگی پیرسون شاخص‌های بافتی بینایی ماشین **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۱-۴) همبستگی پیرسون بین شاخص‌های آزمایشگاهی و بینایی ماشین **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۲-۴) همبستگی پیرسون بین شاخص‌های آزمایشگاهی و بینایی ماشین **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۳-۴) مقدار بهینه استفاده شده جهت طبقه‌بندی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۴-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان مواد جامد محلول توسط خصوصیات بافتی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۵-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان اسیدیته توسط خصوصیات بافتی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۶-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان سفتی بافت توسط خصوصیات بافتی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۷-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان نشاسته توسط خصوصیات بافتی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۸-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان اسیدیته تیتراسیون توسط خصوصیات بافتی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۱۹-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان مواد جامد محلول توسط خصوصیات رنگی... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۰-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان اسیدپتت  
توسط خصوصیات رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۱-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان سفتی بافت  
توسط خصوصیات رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۲-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان نشاسته  
توسط خصوصیات رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۳-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان اسیدپتت  
تیتراسیون توسط خصوصیات رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۴-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان مواد  
جامد محلول توسط خصوصیات بافتی-رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۵-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان اسیدپتت  
توسط خصوصیات بافتی-رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۶-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان سفتی بافت  
توسط خصوصیات بافتی-رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۷-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان نشاسته  
توسط خصوصیات بافتی-رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۸-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی میزان اسیدپتت  
تیتراسیون توسط خصوصیات بافتی-رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۲۹-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی شاخصهای  
آزمایشگاهی توسط خصوصیات بافتی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۳۰-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی شاخصهای  
آزمایشگاهی توسط خصوصیات رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

جدول (۳۱-۴) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی شاخصهای  
آزمایشگاهی توسط خصوصیات بافتی-رنگی..... **Error! Bookmark not defined.**

## فهرست اشکال

شکل (۱-۱) نقشه درصد تولید سیب آبی و دیم شهرستان‌ها در سال زراعی ۹۰-۹۱ در سطح کشور (موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی)..... ۱۰۰

شکل (۱-۲) اجزای سیستم بینایی ماشین (وانگ و سان، ۲۰۰۲). **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۲-۲) استفاده از امواج NIR در تشخیص خواص بافتی سیب **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۳-۲) تصویر نمایش داده شده با پیکسل **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲) بلوک دیاگرام فیلتر کردن عکس در حوزه فرکانس **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۵-۲) مکعب رنگی مدل RGB **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۶-۲) گرافیک مدل رنگ HSV **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۷-۲) مدل رنگی HSI مبتنی بر صفحات مثلثی و دایره ای **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۸-۲) شمای ساختار شبکه عصبی الف) فاقد المان بایاس ب) شبکه عصبی واجد بایاس **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۹-۲) توابع انتقال مورد استفاده در شبکه های عصبی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱-۳) فلوجارت روش پیشنهادی جهت تخمین رسیدگی سیب قرمز رقم ردلیشز **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۲-۳) پنترومتر دستی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۳-۳) رفراکتومتر دستی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۳) سانتریفیوژ آزمایشگاهی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۵-۳) اسپکتروفتومتر آزمایشگاهی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۶-۳) pH متر **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۷-۳) سیستم گنبدی شکل نورپردازی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۸-۳) عملیات قطعه‌بندی و جداسازی نمونه از پس زمینه الف) تصویر رنگی، ب) تصویر قطعه‌بندی شده **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۹-۳) تصویر  $I$  و ماتریس هم‌رخدادی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۰-۳) شمای ساختاری شبکه عصبی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱-۴) تجمع داده‌های حاصل از پردازش تصویر در چهار مرحله رسیدگی **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۲-۴) تجمع داده‌های حاصل از شاخصه‌های آزمایشگاهی طی چهار مرحله رسیدگی

**Error!**

**Bookmark not defined.**

شکل (۳-۴) توزیع وارپته‌های آزمایشگاهی در فضای دوبعدی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۴) توزیع وارپته‌های کل در فضای دوبعدی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۵-۴) ساختار شبکه عصبی پس‌انتشار.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۷-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان اسیدپتیه برای داده‌های هدف و خروجی در شبکه عصبی با

**Error! Bookmark not defined.**

مجموعه ورودی خصوصیات بافتی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۸-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان سفتی بافت برای داده‌های هدف و خروجی در شبکه عصبی

**Error! Bookmark not defined.**

با مجموعه ورودی خصوصیات بافتی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۹-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان نشاسته برای داده‌های هدف و خروجی در شبکه عصبی با

**Error! Bookmark not defined.**

مجموعه ورودی خصوصیات بافتی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۰-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان اسیدپتیه تیتراسیون برای داده‌های هدف و خروجی

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۱-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان مواد جامد محلول برای داده‌های هدف و خروجی توسط

**Error! Bookmark not defined.**

خصوصیات رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۲-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان اسیدپتیه برای داده‌های هدف و خروجی توسط خصوصیات

**Error! Bookmark not defined.**

رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۳-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان سفتی بافت برای داده‌های هدف و خروجی توسط

**Error! Bookmark not defined.**

خصوصیات رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۴-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان نشاسته برای داده‌های هدف و خروجی توسط خصوصیات

**Error! Bookmark not defined.**

رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۵-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان اسیدپتیه تیتراسیون برای داده‌های هدف و خروجی توسط

**Error! Bookmark not defined.**

خصوصیات رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۶-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان مواد جامد محلول برای داده‌های هدف و خروجی توسط

**Error! Bookmark not defined.**

خصوصیات بافتی-رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۷-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان اسیدپتیه برای داده‌های هدف و خروجی توسط

**Error! Bookmark not defined.**

خصوصیات بافتی-رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۱۸-۴) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان سفتی بافت برای داده‌های هدف و خروجی توسط

**Error! Bookmark not defined.**

خصوصیات بافتی-رنگی.....

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۱۹) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان نشاسته برای داده‌های هدف و خروجی توسط خصوصیات

بافتی-رنگی ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۰) نمودار رگرسیونی مربوط به میزان اسیدیتته تیتراسیون برای داده‌های هدف و خروجی توسط

خصوصیات بافتی-رنگی ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۱) مقایسه عملکرد شبکه عصبی پس‌انتشار با استفاده از ضریب تعیین در سه مجموعه ورودی

مختلف برای پیش‌بینی خصوصیات الف: مواد محلول جامد، ب: اسیدیتته، پ: سفتی بافت، ت: نشاسته و

ث: اسیدیتته ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۲) ساختار شبکه عصبی پس‌انتشار با ورودی خصوصیات بافتی

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۳) نمودار رگرسیونی مربوط به شاخص‌های آزمایشگاهی برای داده‌های هدف و خروجی توسط

خصوصیات بافتی ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۴) ساختار شبکه عصبی پس‌انتشار با ورودی خصوصیات رنگی

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۵) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی شاخص‌های

آزمایشگاهی توسط خصوصیات رنگی ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۶) ساختار شبکه عصبی پس‌انتشار با ورودی خصوصیات رنگی

**Error! Bookmark not defined.**

شکل (۴-۲۷) مقادیر مربوط به معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه عصبی برای پیش‌بینی شاخص‌های

آزمایشگاهی توسط خصوصیات بافتی-رنگی ..... **Error! Bookmark not defined.**

# فصل اول

## مقدمه و کلیات پژوهش

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران محسوب می‌شود که پس از مرکبات مقام دوم را از نظر تولید در سطح کشور دارد. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، در زمینه تولید سیب درختی ایران در سال ۲۰۱۱ در رتبه هشتم جهانی قرار گرفت و این درحالیست که در سال ۲۰۰۹ رتبه چهارم و در سال ۲۰۰۵ رتبه سوم را دارا بود. متاسفانه حدود ۳۱-۲۵٪ از این محصول در مراحل مختلف برداشت، جابجایی، درجه‌بندی، بسته‌بندی، حمل و نقل، نگهداری و یا در صنایع تبدیلی ضایع شده و از بین می‌رود. عوامل مختلفی می‌توانند قبل و بعد از برداشت در کیفیت میوه موثر باشند. مرحله رسیدگی میوه در زمان برداشت، مهم‌ترین عامل تعیین کیفیت و انبارمانی میوه محسوب می‌شود. زمان برداشت برای هر رقم باید به طور دقیق مشخص گردد. این شاخص برحسب زمان تشکیل میوه، سن درخت و شرایط بومی منطقه متفاوت است. برای نگهداری طولانی مدت، میوه‌ها باید در زمان بلوغ برداشت شوند زیرا میوه‌هایی که در مرحله نامناسب برداشت شوند، امکان ابتلا به ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی در آنها بیشتر است. تعیین زمان برداشت مناسب سیب با استفاده از شاخص‌های مختلفی صورت می‌گیرد. مهم‌ترین شاخص‌های رسیدگی میوه سیب شامل روزهای بعد از تمام گل، میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون (شاخص طعم)، تغییر رنگ زمینه میوه، آزمایش نشاسته، سفتی بافت و اتیلن می‌باشد. از طرفی با توجه به ماشینی شدن عملیات باغبانی در کشورهای توسعه یافته و ناکارآمدی ایران در این زمینه، این امر می‌تواند یکی از دلایل مهم رکود باشد. بنابراین ماشینی کردن عملیات باغبانی می‌تواند بهره‌وری تولید را افزایش دهد. افراد خبره به طور تجربی با توجه به رنگ پوست سیب و میزان نرمی آن درجه رسیدگی سیب را درمی‌یابند ولی در شرایط کنونی که سرعت عمل در کارها امری ضروری است توسعه سامانه‌های خودکار در زمینه ماشینی کردن کشاورزی امری بسیار مهم و کارآمد به نظر می‌رسد. تاکنون روش‌های مختلفی برای تعیین رسیدگی میوه‌ها ابداع شده است که در کل شامل روش‌های مخرب نظیر روش مکانیکی و روش شیمیایی و روش‌های غیرمخرب نظیر روش آکوستیک و ماشین بینایی است. امروزه دانشمندان در پی ابداع روش‌های غیرمخرب هستند که ساده، ارزان قیمت و قابل دسترس باشد و همچنین توانایی تشخیص سریع و دقیق میزان رسیدگی و قابلیت تجاری‌سازی داشته باشد. روش‌هایی نظیر سونیک و اولتراسونیک و اشعه ایکس



برای میوه‌هایی که ویژگی‌های درونی آن‌ها با کیفیت در ارتباط است به کار گرفته می‌شوند و روش‌هایی نظیر بینایی ماشین و هوش مصنوعی برای بسیاری از محصولات که ویژگی‌های آن‌ها وابسته به سطح میوه است مفید هستند (آبوت<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). ماشینی کردن برداشت میوه‌های درختی گامی مهم در افزایش بهره‌وری تولید است و بینایی ماشین نقش بسزایی در رسیدن به این هدف دارد. بینایی ماشین و پردازش تصویر به عنوان یکی از اصلی‌ترین راه‌های درک روبات از محیط پیرامون توجهات زیادی را به خود جلب کرده و به طور گسترده در کاربردهای کشاورزی به ویژه تشخیص وضعیت، کیفیت و برداشت محصول استفاده می‌شود (رگیناثان<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در این میان، بسط یک الگوریتم کارآمد برای تشخیص رسیدگی سیب می‌تواند کمک بسزایی در راهبرد این هدف داشته باشد.

در حال حاضر از بینایی ماشین در امور مربوط به پس از برداشت از جمله تعیین کیفیت، رسیدگی و درجه‌بندی محصولات کشاورزی استفاده‌های فراوانی می‌شود. برای تشخیص ویژگی‌های میوه با استفاده از پردازش تصویر تاکنون دو شیوه گزارش شده است که عبارتند از: تشخیص رنگ و تشخیص الگو. چشم انداز پتانسیل کاربردی سیستم بینایی ماشین در کشاورزی و صنایع غذایی از مدت زمان زیادی شناخته شده است (تیلت<sup>۳</sup>، ۱۹۹۰). علی‌رغم اینکه عکاسی در شرایط طبیعی و زیر تابش نور خورشید به واقعیت نزدیک‌تر است، ولی به دلیل حساس بودن نرم افزارهای پردازش تصویر به نورپردازی، ثابت بودن شرایط عکاسی و نورپردازی برای نمونه‌ها امری غیرقابل چشم‌پوشی است. از آنجا که مصرف میوه سیب غالباً تازه‌خوری است، کیفیت ظاهری آن باید حفظ شود و برای این منظور و با هدف برداشت مکانیزه، الگوریتم‌های پردازش تصویر بسیار کارآمد هستند. تهیه تصاویر برای کاربردهای بینایی‌ماشین معمولاً تحت شرایط کنترل شده نور انجام می‌گیرد. سیستم‌های بینایی‌ماشین قادر هستند به صورت ثابت تصاویر را تجزیه و تحلیل کنند ولی علی‌رغم پیشرفت‌های صورت گرفته در این زمینه، هیچ سیستم بینایی‌ماشین قادر نیست با برخی از ویژگی‌های سیستم بینایی انسان مانند درک تصویر، حساسیت به تغییرات نور، تضعیف قدرت تصویر و تغییرات اجزا تطبیق پیدا کند (دیویس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴). کیفیت تصویر گرفته شده را می‌توان به شدت تحت تأثیر شرایط نور دانست. یک تصویر با کیفیت بالا می‌تواند به کاهش زمان و پیچیدگی مراحل بعدی پردازش تصویر کمک کند و این به نوبه خود می‌تواند هزینه یک سیستم پردازش تصویر را کاهش دهد. سیستم بینایی‌ماشین به عنوان یک سیستم سریع، اقتصادی، سازگار و حتی دقیق‌تر

---

<sup>1</sup> Abbot

<sup>2</sup> Regunathan

<sup>3</sup> Tillet

<sup>4</sup> Davies

از بسیاری روش‌های دیگر به‌طور فزاینده‌ای در صنایع غذایی برای ارزیابی کیفی و درجه بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰).

## ۱-۲- بیان مساله

### ۱-۲-۱- سیب

سیب یک میوه درختی از طبقه مالوس<sup>۲</sup> است که عضوی از خانواده گل سرخیان بوده و در طول تاریخ کشت می‌شده است. اجداد وحشی سیب احتمالاً درختی به نام مالوس سیورسی<sup>۳</sup> بوده است که هنوز هم در قزاقستان یافت می‌شود. محققان در حال مطالعه بر روی مالوس سیورسی<sup>۳</sup> هستند تا در برابر بسیاری از بیماری‌ها و آفات مقاوم باشد و یک سیب مقاوم‌تر در برابر سرما به وجود آورند. در کلیه مناطق آب و هوایی خنک، سیب میوه بسیار مهمی است. نسبت به سایر میوه‌های درختی، سیب را می‌توان برای ماه‌ها انبار کرد در حالی که هم‌چنان ارزش غذایی خود را حفظ می‌نماید. تاکنون بیش از ۷۵۰۰ گونه سیب شناسایی شده است (الزبروک و ویند<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸). که در بین رایج‌ترین گونه‌های تجاری سیب می‌توان به گونه‌های فوجی، گرانی‌اسمیت، گالا، مکین‌تاش، سیب زرد لبنان و سیب قرمز لبنان اشاره کرد. هم‌چنین از ارقام سیب ایرانی می‌توان به سیب گلاب کهنزی، سیب مشهد، سیب مراغه، سیب تبریز، سیب قندک کاشان، سیب قرمز رضائیه، سیب زنوز و غیره اشاره کرد.

باغ‌های سیب را با کاشت درختان دو یا سه ساله احداث می‌کنند. این درختان کوچک معمولاً از پرورشگاه گل و گیاه که در آنجا درختان را با روش پیوند جوانه تولید می‌کنند، تهیه می‌شوند. درختان سیب در مقادیر گسترده‌ای از pH و در مناطق حاصل‌خیز رشد می‌کنند. بیشتر درختان بالغ در هر سال تقریباً ۱۰۰-۲۰۰ کیلوگرم محصول می‌دهند. بر اساس آمار وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا<sup>۵</sup> و هم‌چنین سازمان فائو در سال ۲۰۱۴ میلادی، کشورهای چین، اتحادیه اروپا، آمریکا، ترکیه، هندوستان، روسیه، برزیل، شیلی، اکراین و آفریقای جنوبی با مجموع ۶۷/۵ میلیون تن از کل تولید ۷۱/۶ میلیون تنی جهان (۹۴٪ سهم از کل تولید) به ترتیب عمده‌ترین کشورهای تولیدکننده سیب درختی بوده‌اند. کشور چین به تنهایی نیمی از این سهم را در اختیار دارد. سهم ایران در این میان با تولید ۳ میلیون تن سیب

<sup>1</sup> Sun

<sup>2</sup> Malus

<sup>3</sup> Malus sieversii

<sup>4</sup> Elzebroek & wind

<sup>5</sup> USDA

در سال ۱۳۹۲ بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، ۴/۳٪ تولید جهانی است و به لحاظ جایگاه در مقام چهارم تولید جهانی سیب قرار دارد. در جدول ۱-۸، ده تولیدکننده برتر جهان معرفی شده‌اند.

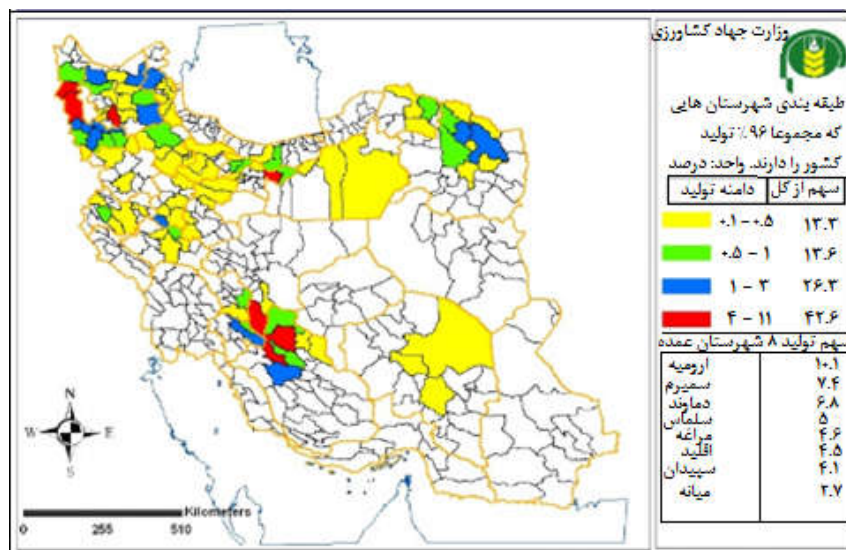
جدول (۱-۱) ده کشور برتر تولیدکننده سیب در جهان

رتبه	کشور	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲
۱	چین	۳۳۲۶۳۰۰۰	۳۵۹۸۵۰۰۰	۳۷۰۰۰۰۰۰
۲	آمریکا	۴۲۱۴۵۹۹	۴۲۷۵۱۰۸	۴۱۱۰۰۴۶
۳	ترکیه	۲۶۰۰۰۰۰	۲۶۸۰۰۷۵	۲۸۸۹۰۰۰
۴	لهستان	۱۸۷۷۹۰۶	۲۴۹۳۰۷۸	۲۸۷۷۰۰۰
۵	هند	۱۷۷۷۲۰۰	۲۸۹۱۰۰۰	۲۲۰۳۰۰۰
۶	ایتالیا	۲۲۰۴۹۷۲	۲۴۱۱۲۰۱	۱۹۹۱۳۱۲
۷	ایران	۱۶۶۲۴۳۰	۱۸۴۲۹۷۲	۱۷۰۰۰۰۰
۸	شیلی	۱۶۲۴۲۴۲	۱۵۸۸۳۴۷	۱۶۲۵۰۰۰
۹	روسیه	۹۹۲۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۴۰۳۰۰۰
۱۰	فرانسه	۱۷۸۸۴۳۳	۱۸۵۷۳۴۹	۱۳۸۲۹۰۱
-	جهان	۶۰۲۷۱۱۹۱	۶۵۸۰۰۱۴۵	۶۳۴۵۴۴۹۵

در چند دهه اخیر با ورود دو رقم سیب گلدن دلشیز<sup>۱</sup> و رد دلشیز<sup>۲</sup> چندین هزار هکتار از نواحی مختلف به زیر کشت این دو رقم رفته است و این دو رقم در حال حاضر از لحاظ سطح زیر کشت مهم‌ترین ارقام سیب ایران محسوب می‌شوند. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید سیب در سال ۹۲، اندکی بیش از ۳ میلیون تن بوده و استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و تهران به ترتیب به عنوان مهم‌ترین استان‌های تولیدکننده سیب در ایران با مجموع ۵۱٪ سهم تولید سیب کشور می‌باشند. در شکل ۸، میزان تولید سیب ایران در شهرهای با تولید بیشتر نشان داده است:

<sup>۱</sup> Golden Red delicious

<sup>۲</sup> Red delicious



شکل (۱-۱) نقشه درصد تولید سیب آبی و دیم شهرستان‌ها در سال زراعی ۹۰-۹۱ در سطح کشور (موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی)

یکی از مشکلات باغداران، صادرکنندگان و مصرف‌کنندگان، عدم آشنایی با زمان دقیق برداشت و مسائل مربوط به زمان پس از برداشت می‌باشد. هر ساله درصد قابل توجهی از محصولات سیب دچار ضایعات و تلفات ناشی از مراحل برداشت و پس از برداشت می‌شوند. سیب ردلیش در صورت عدم برداشت به موقع و همچنین برداشت نامناسب به سرعت تردی و سفتی خود را از دست می‌دهد. بنابراین تحقیقات دقیق و آگاهی در این زمینه می‌تواند بسیار مفید و اقتصادی باشد.

### ۱-۲-۲- رسیدگی

بلوغ و میزان رسیدگی محصول، تعیین‌کننده زمان مناسب برداشت است و می‌توان آن را با اندازه-گیری خواصی مانند رنگ، بافت و اندازه محصول که در طول تکامل تغییر می‌کند، تعریف کرد. گیاه و بخش‌های مختلف آن در طول زندگی خود دوره‌های مختلفی را طی می‌کنند. این مراحل عمدتاً به صورت ژنتیکی کنترل می‌گردد و در نهایت منجر به پیری و مرگ محصول می‌شود. به طور کلی نمو ترکیبی از رشد و تمایز می‌باشد و می‌تواند در کل گیاه و یا بخشی از آن صورت گیرد. رسیدن شامل تغییرات فیزیکی و شیمیایی زیادی است که بر کیفیت و بازارپسندی محصول موثر است و پدیده مهمی در دوره زندگی میوه محسوب می‌شود که آن را از حالت غیرقابل مصرف به حالتی خوش‌عطر و طعم، خوش‌رنگ و قابل‌خوردن تبدیل می‌نماید. میوه‌ی رسیده معمولاً دارای طعم شیرین و بافت نرم است. رسیدن میوه، پدیده‌ای برگشت‌ناپذیر بوده و نشانه آغاز تکامل آن می‌باشد. این تغییرات که در میوه‌های مختلف متفاوت است، ممکن است به سرعت انجام گیرد و مرحله رسیدگی تنها یک یا دو روز دوام یابد و آنگاه

پیری شروع شود. در برخی از میوه‌های دیگر این تغییرات به کندی صورت می‌گیرد و میوه قابلیت مصرف خود را تا چندین هفته حفظ می‌کند. اگر برداشت، قبل از مرحله بلوغ انجام گیرد، سیب‌ها کوچک و از نظر طعم و رنگ نامطلوب بوده و سریعاً در انبار چروکیده و دچار کاهش وزن قابل توجهی می‌شوند. این گونه سیب‌ها بسیار حساس به ناهنجاری‌های انباری از قبیل سوختگی، لکه تلخی و ازهم‌پاشیدگی داخلی بوده و پس از نگهداری ممکن است به مرحله رسیدگی مناسبی نرسند. از طرفی در برداشت خیلی دیر حتی تحت بهترین شرایط نگهداری، میوه‌ها زودتر نرم و آردی شده و حساسیت آنها به عوارض آب‌گزیدگی، ازهم‌پاشیدگی بافت میوه ناشی از دمای پایین، پوسیدگی و صدمات مکانیکی افزایش می‌یابد. انتشار اتیلن موجود در گیاه، طیف گسترده‌ای از فرایندهای فیزیولوژیکی را در محصولات باغبانی شامل می‌شود. از آن جمله می‌توان به مواردی مانند پیری و رسیدن زودهنگام، از دست دادن کلروفیل، نرم شدن و تغییر رنگ اشاره کرد (واتکینز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶).

نمو میوه‌ها و سبزی‌ها شامل دو مرحله رشد و بلوغ می‌شود که مرحله رشد شامل تقسیم و بزرگ شدن سلول است و در نتیجه آن اندازه و حجم محصول افزایش می‌یابد و مرحله بلوغ که این دوره شامل یک سری تغییرات کمی و کیفی است و منجر به رسیدن محصول به حداکثر اندازه خود می‌شود. بلوغ بعد از مرحله رشد اتفاق می‌افتد، ولی معمولاً قبل از پایان مرحله رشد آغاز می‌گردد. مجموع دو مرحله رشد و بلوغ را نمو می‌گویند. واژه نارس، رسیده و خیلی رسیده اصطلاحاتی هستند که برای بیان تناسب یا عدم تناسب محصول برای مصرف به کار می‌روند. برای تعیین عمر نگهداری و مرغوبیت محصول درک درست این واژه‌ها در رابطه با دوره تکامل فیزیولوژیکی ضروری است. واژه "رسیدن" که برای میوه‌ها به کار می‌رود، اصطلاحی است که بهترین کیفیت میوه را برای خوردن بیان می‌کند و در این مرحله میوه را "رسیده" می‌گویند. قبل از این مرحله، میوه نارس و بعد از آن خیلی رسیده تلقی می‌شود. واژه‌های فوق از نظر فیزیولوژیکی به خوبی قابل تعریف نیستند و اندازه‌گیری آنها امری ذهنی و سلیقه‌ای است که به ذائقه و فرهنگ غذایی مصرف‌کننده بستگی دارد. عوامل زیادی در تعیین مرغوبیت محصول دخالت دارند که مهم‌ترین آنها زمان برداشت است. برخی از محصولات نظیر دانه‌ها در مراحل اولیه چرخه نمو به بلوغ قابل برداشت می‌رسند. میوه‌هایی نظیر سیب، موز و مرکبات در مرحله برداشت تقریباً به طور کامل توسعه یافته‌اند و بسیاری از خشکبارها و محصولات بذری در هنگام برداشت به حداکثر تکامل خود رسیده‌اند. زمان و طول این دوره تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی از جمله رقم، مصرف نهایی و شرایط حمل و نقل محصول قرار می‌گیرد. در نتیجه زمان نهایی برداشت بسته به نوع محصول متفاوت خواهد بود. پژوهش‌ها در تعیین رسیدگی میوه به طور فزاینده‌ای در صنعت مواد غذایی برجسته شده است.

---

<sup>1</sup> Watkins

کیفیت بازار محصولات غذایی و صنایع کشاورزی را می‌توان بر مبنای پارامتر رسیدگی محصول برآورد نمود. امروزه کاربرد سیستم بینایی‌ماشین نیز در تشخیص رسیدگی محصولات کشاورزی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. نظیر چنین سیستمی به منظور بازرسی میوه انبه در سه دسته با توجه به حالت‌های مختلف رسیدگی میوه استفاده شده است. طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک نیز برای ارزیابی رسیدگی میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین ارزیابی کیفی موز در طول مدت رسیدگی با استفاده از ظرفیت خازنی به منظور توسعه روش‌های غیرمخرب به منظور کنترل و ارزیابی رسیدگی انجام شده است (خدابخشیان و عمادی، ۱۳۹۲)

رسیدگی میوه و بنابراین تاریخ برداشت آن بر روی حساسیت میوه به کوفتگی موثر می‌باشد. برداشت با تاخیر، حساسیت سیب را بسته به رقم سیب افزایش می‌دهد. خصوصیات که جهت تعیین کیفیت سیب در نظر گرفته می‌شود شامل رنگ، سفتی بافت و ترکیبات شیمیایی نشاسته، قند و اسید است (کارلوس و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲؛ بلی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰). تعیین خصوصیات کیفی سیب بسته به مناطق مختلف با شرایط کشت و نوع مصرف، متفاوت است.

### ۱-۳- اهداف و رویکردهای تحقیق

#### ۱-۳-۱- تشخیص میزان کارآمدی شاخصه‌های شیمیایی و مکانیکی در تعیین رسیدگی

رسیدن یا بلوغ<sup>۳</sup>، مرحله‌ای است که میوه یا سبزی مراحل مختلف رشد و نمو خود را به اتمام رسانده و هم‌زمان با رسیدن، قابل خوردن می‌باشد. رسیدگی، فرآیندی است که میوه‌ها را به طعم، محتوای کیفی، رنگ، ذائقه پسندی و بافت مطلوب رهنمون می‌سازد. تشخیص میزان رسیدگی در مواقعی که رنگ ظاهری رابطه‌ای با میزان رسیدگی میوه ندارد، به‌آسانی صورت نمی‌پذیرد. البته افراد خبره می‌توانند میزان رسیدگی محصول را تشخیص دهند، ولی این کار یعنی استفاده از نیروی انسانی برای تشخیص رسیدگی بسیار زمان‌بر و پرهزینه است و در ابعاد وسیع از دقت لازم برخوردار نیست. تعیین رسیدگی مهم‌ترین قسمت در ارزیابی کیفیت درونی میوه‌ها می‌باشد. تشخیص کیفیت درونی میوه‌ها بر اساس شاخصه‌های شیمیایی، متفاوت از یکدیگر می‌باشد. لذا تعیین کیفیت درونی و همچنین تشخیص رسیدگی سیب قرمز به چندین عامل مانند میزان مواد جامد محلول، سفتی، اسیددیده قابل تیتراسیون، قند و نشاسته بستگی دارد. شاخص‌های ارزیابی رسیدگی باید عینی، واقعی و قابل اندازه‌گیری باشند و از این‌رو آیین‌نامه‌ها و قوانین منتشرشده توسط گروه‌های تولیدکننده، سفارش‌دهنده و مصرف‌کننده توسط

<sup>1</sup> Carlos et al

<sup>2</sup> Belie et al

<sup>3</sup> Ripening

مقامات دولتی معتبر مانند USDA وضع گردیده و اغلب شامل قوانینی از حداقل و گاهی حداکثر بلوغ قابل قبول برای یک محصول است.

### ۱-۳-۲- تشخیص میزان کارآمدی شاخصه های پردازش تصویر در تعیین رسیدگی

روش های مختلفی برای تعیین رسیدگی میوه به کار گرفته شده است که برخی از این روش ها مخرب اند و برخی دیگر غیرمخرب. روش های مخرب نظیر روش های مکانیکی (استحکام)، روش های شیمیایی (مواد جامد در محلول) و روش های غیر مخرب مانند روش آکوستیک و بینایی ماشین می باشند امروزه دانشمندان در پی ابداع روش های غیر مخرب هستند که ساده، ارزان قیمت و قابل دسترس بوده و همچنین توانایی تشخیص سریع و دقیق میزان رسیدگی و قابلیت تجاری سازی را داشته باشد. امروزه از بینایی ماشین در امور مربوط به پس از برداشت از جمله تعیین کیفیت، رسیدگی و درجه بندی محصولات کشاورزی استفاده های فراوانی می شود. سیب از جمله محصولاتی است که در کشور ما به طور انبوه تولید می گردد. از آنجا که مصرف میوه سیب غالباً تازه خوری است کیفیت ظاهری آن باید حفظ شود و برای این منظور و با هدف برداشت مکانیزه الگوریتم های پردازش تصویر بسیار کارآمد می باشند. تهیه تصاویر برای کاربردهای بینایی ماشین معمولاً تحت شرایط کنترل شده نور انجام می گیرد. علی رغم اینکه بعضی الگوریتم های بینایی ماشین برای تقلید کردن از سیستم بینایی انسان توسعه یافته اند، با این حال توسعه روش هایی برای تحلیل و شناسایی ویژگی های مرتبط با تصاویر به صورت مؤثر و ثابت کم رنگ تر بوده است. سیستم بینایی ماشین به طور ساده ترکیبی از یک سیستم روشنایی و یک سیستم بینایی کامپیوتری است که بر روی یک کامپیوتر شخصی و در ارتباط با دستگاه های الکتریکی و مکانیکی به منظور جایگزینی تلاش های انسانی به کار گرفته می شود. معمولاً سیستم های بینایی ماشین دارای دو بخش اصلی هستند که شامل بخش تصویربرداری و بخش پردازش می باشد. بخش تصویربرداری که وظیفه تصویربرداری، پیش پردازش و استخراج خصوصیات را بر عهده دارد و بخش پردازش به منظور تجزیه، تحلیل و طبقه بندی خصوصیات استخراجی مورد استفاده قرار می گیرد.

### ۱-۳-۳- تعیین میزان همبستگی بین خصوصیات تصویری سیب قرمز رسیده با خواص شیمیایی و

#### مکانیکی میوه در جهت تشخیص رسیدگی

روش بینایی ماشین برای بسیاری از محصولات که کیفیت آن ها وابسته به ویژگی های سطح میوه است، مفید می باشد. از سوی دیگر بهره گیری از روش های شیمیایی ارزیابی کیفی محصولات و تشخیص رسیدگی، از دقت بالایی در تشخیص و ارزیابی، برخوردار می باشد. در کل شایان ذکر است که کیفیت

میوه به هر دو نوع متغیرهای درونی (استحکام، محتوای قند، محتوای اسید و عیوب درونی) و متغیرهای خارجی (شکل، اندازه، عیوب و آسیب‌های ظاهری) وابسته است. در نتیجه تلفیقی از این دو روش یعنی روش شیمیایی و روش بینایی‌ماشین می‌تواند از دقت بالایی در این زمینه از تحقیقات برخوردار باشد.

#### ۴-۱- ضرورت تحقیق

سیب یکی از محصولات مهم کشور می‌باشد که قابلیت انبارداری زیادی دارد. بنابراین با رعایت مسائل مختلف موثر بر کیفیت میوه از قبیل عوامل آب و هوایی، تغذیه درختان مادری، کنترل آفات و بیماری‌ها، تعیین زمان مناسب برداشت و مدیریت پس از برداشت در حفظ کیفیت سیب و کاهش ضایعات آن بسیار موثر خواهد بود. میزان و سرعت رسیدگی در ارقام مختلف ممکن است متفاوت باشد (بخشی خانیکی و همکاران، ۱۳۹۰) بر اساس اظهارات وزارت کشاورزی ایالات متحده، یک سیب معمولی ۲۴۲ گرم وزن و ۱۲۶ کالری انرژی دارد که شامل مقدار قابل توجهی فیبر غذایی، مقدار متوسطی از ویتامین ث و از طرف دیگر میزان کمی مواد غذایی ضروری است (فائو). جدول (۱-۹) در بردارنده اطلاعات غذایی این میوه است. این جدول برحسب مواد مغذی در هر ۱۰۰ گرم سیب با پوست توسط سازمان خواروبار جهانی (فائو) گزارش شده است. بر همین اساس، مشهود است که میزان کربوهیدرات‌ها و قند در سیب از مقدار بالایی برخوردار است.

جدول (۱-۲) مواد مغذی در هر ۱۰۰ گرم سیب با پوست (فائو)

انرژی	۲۱۸ کیلوژول
کربوهیدرات‌ها	۱۳/۸۱ گرم
قندها	۱۰/۳۹ گرم
فیبر	۲/۴ گرم
چربی	۰/۱۷ گرم
پروتئین	۰/۲۶ گرم
آب	۸۵/۵۶ گرم
ویتامین آی	۳ میکروگرم
تیامین (ویتامین ب۱)	۰/۰۱۷ میلی‌گرم
ریبوفلاوین (ویتامین ب۲)	۰/۰۲۶ میلی‌گرم
نیاسین (ویتامین ب۳)	۰/۰۹۱ میلی‌گرم
پانتوتنیک اسید (ویتامین ب۵)	۰/۰۶۱ میلی‌گرم
ویتامین ب۶	۰/۰۴۱ میلی‌گرم



انرژی	۲۱۸ کیلوژول
اسید فولیک (ویتامین ب۹)	۳ میکروگرم
ویتامین C	۴/۶ میلی‌گرم
کلسیم	۶ میلی‌گرم
آهن	۰/۱۲ میلی‌گرم
منیزیم	۵ میلی‌گرم
فسفر	۱۱ میلی‌گرم
پتاسیم	۱۰۷ میلی‌گرم
روی	۰/۰۴ میلی‌گرم

در اکثر بازارها قوانین عرضه و تقاضا باعث افزایش قیمت‌ها برای یک محصول شده و این امر پرورش‌دهندگان و عرضه‌کنندگان را تشویق می‌کند با تأخیر یا تسریع در برداشت، محصولاتشان را به قیمت گران‌تر بفروشند. قوانین حداقل در استانداردهای کارشناسی موجود باعث می‌گردد تا از فروش زود (نابلغ) یا دیر(بالغ) محصولات جلوگیری شود که این امر مانع از دست رفتن اعتماد مصرف‌کننده می‌شود. از طرفی اطمینان از یکنواختی رسیدگی میوه‌ها به هنگام حمل و نقل باعث کاهش تلفات و زیان‌های مالی ناشی از آن می‌شود. از این‌رو توجه ویژه‌ای در زمینه تشخیص دقیق و سریع رسیدگی احساس می‌گردد. میزان رسیدگی که به‌وسیله تولیدکنندگان، عرضه‌کنندگان و کنترل‌کنندگان کیفیت ارزیابی می‌شود باید ساده، سریع و قابل انجام در مزرعه یا محل عرضه باشد و یا مستلزم تجهیزات مرتبط ارزان قیمت باشد تا کارآمد گردد. کشورهای در حال توسعه معمولاً با کمبود سرمایه که از مهم‌ترین منابع تولیدی محسوب می‌شود، مواجه می‌باشند (حاجی رحیمی و همکاران، ۱۳۷۶). سایر منابع تولیدی ممکن است در این کشورها فراوان باشد، ولی به دلیل عدم استفاده بهینه، هدر رفته و یا دارای بهره‌وری پایینی هستند. لذا برای این کشورها مهم خواهد بود که در راستای توسعه و پیشرفت، سرمایه محدودشان را طوری تخصیص دهند که اولاً سبب بکارگیری سایر عوامل تولیدی و افزایش بهره‌وری آنها گردد، ثانیاً منابع تولیدی در راستای تولید محصولاتی به کار گرفته شود که دارای مزیت نسبی منطقه‌ای و ملی باشند. مزیت نسبی بیان می‌کند که هر کشور یا منطقه با توجه به استعدادهای طبیعی فراوان و سطح بهره‌وری عوامل تولید، به طور نسبی در تولید بعضی از محصولات مزیت دارد. چنانچه همه مناطق یا کشورها از این مزایا آگاه باشند و بر اساس آن عمل کنند، تخصیص و تقسیم کار منطقه‌ای و بین‌المللی کامل شده و تولید و تجارت جهانی به اوج رونق خود می‌رسد (دولار<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳). زمان برداشت صحیح محصولات باغی

<sup>1</sup> Dollar

نقش مهمی در عمر انباری و کاهش ضایعات آن‌ها دارد. در طی تکامل فیزیولوژیک میوه‌ها و سبزیجات، تغییرات قابل توجه فیزیکی و بیوشیمیایی در محصول صورت می‌گیرد. برای مثال می‌توان به کاهش سفتی بافت، افزایش فعالیت آنزیم پلی گالاکتوروناز<sup>۱</sup>، افزایش پکتین<sup>۲</sup> محلول، تغییر در اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول و شدت تنفس اشاره نمود. چنانچه محصول دیرتر از زمان مناسب برداشت شود نه تنها عمر انباری آن کاهش می‌یابد بلکه ضایعات آن نیز در طی حمل و نقل و جابه‌جایی افزایش پیدا می‌کند و چنانچه محصول زودتر از موقع برداشت گردد کیفیت مناسبی نخواهد داشت و در طی رساندن مصنوعی ممکن است کیفیت محصول به آن نتیجه دلخواه نرسد. بنابراین در مورد کلیه محصولات باغی، تعیین زمان مناسب برداشت یکی از عوامل مهم در کاهش ضایعات به حساب می‌آید. زمان مناسب برداشت را می‌توان با آزمایشاتی چون سفتی بافت، نسبت قند به اسید، تعداد روز پس از گلدهی کامل و حتی واحدهای گرمایی گرفته شده توسط محصول تعیین نمود. در مورد محصولات مختلف یک یا بیش از یک معیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای هر محصول استانداردهایی نیز تعریف شده است. در ایران به این عامل مهم کمتر توجه شده است در حالی که در کشورهای دیگر چنانچه محصول زودتر یا دیرتر از موقع برداشت گردد نه تنها اجازه فروش به آن داده نمی‌شود بلکه تولید کننده آن محصول جریمه خواهد شد. با توجه به مطالب فوق لازم است در هر منطقه و برای هر محصول عملیات برداشت با توجه به معیارهای صحیح صورت گیرد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۶).

#### ۱-۵- اهمیت سیستم بینایی ماشین

استفاده از بینایی ماشین به خاطر داشتن مزایایی هم‌چون غیرمخرب بودن، کاهش هزینه کارگری، دقت بالا، ارائه نتایج مناسب در شرایط مختلف و توانایی بررسی اجسام در نورهای مرئی و نامرئی (IR<sup>۳</sup>) و NIR<sup>۴</sup> و UV<sup>۵</sup>) به منظور تشخیص صدمات سطحی و درونی، به سرعت در حال گسترش و پیشرفت می‌باشد. گرفتن تصاویر و پردازش آن‌ها مهم‌ترین و پیچیده‌ترین قسمت کار در بینایی ماشین است که ارزیابی واقعی و غیرمخرب کیفیت محصول را ممکن می‌سازد. مزیت عمده استفاده از سیستم‌های بینایی-ماشین برای کنترل کیفیت محصولات غذایی، دقیق بودن و یکنواختی روند کنترل می‌باشد. بهره‌گیری از فناوری بینایی ماشین مزایای زیادی دارد که از آن دسته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- روشی دقیق است در صورتی که کالیبراسیون طی آزمایش‌های قبلی انجام شده باشد.
- روشی غیر مخرب محسوب می‌گردد لذا امکان کنترل دائمی بر محصول را فراهم می‌آورد.

<sup>1</sup> Galacturonase

<sup>2</sup> Pectin

<sup>3</sup> Infra Red

<sup>4</sup> Near Infra Red

<sup>5</sup> Ultra violet

- عموماً از یکنواختی مناسبی در اندازه گیری‌ها برخوردار است.
- هزینه‌ها را در صورتی که جایگزین روش‌های حسی گردد تا حد زیادی کاهش می‌دهد.
- از لحاظ سرعت تولید داده‌های توصیفی از محصول، کارآمد است.
- سبب کاهش حجم کاری کاربر می‌شود.
- دارای سیستم کنترلی پایدار است.

#### ۱-۶- کاربرد بینایی‌ماشین در کشاورزی

- ارزیابی منابع طبیعی مانند تشخیص میزان پوشش‌های گیاهی در یک منطقه
- کشاورزی دقیق
- تعیین کیفیت محصولات در مرحله برداشت و پس از آن
- عملیات سورتینگ<sup>۱</sup> و گریدینگ<sup>۲</sup> ( بر اساس اندازه، شکل، بافت، رنگ یا خرابی سطحی میوه)
- اتوماسیون در کشاورزی مانند هدایت ماشین در عملیات داشت و برداشت رباتیک

#### ۱-۷- پیشینه پژوهش

##### ۱-۷-۱- بینایی‌ماشین و پردازش تصویر

امروزه از بینایی‌ماشین در امور مربوط به پس از برداشت از جمله تعیین کیفیت، رسیدگی و درجه بندی محصولات کشاورزی استفاده‌های فراوانی می‌شود. سیب از جمله محصولاتی است که در کشور ما به طور انبوه تولید می‌شود. برای تشخیص ویژگی‌های میوه با استفاده از پردازش تصویر تاکنون دو شیوه گزارش شده است که عبارتند از: تشخیص رنگ و تشخیص الگو.

با توجه به این که مصرف میوه سیب غالباً تازه خوری است کیفیت ظاهری آن باید حفظ شود و برای این منظور و با هدف برداشت ماشینی الگوریتم‌های پردازش تصویر بسیار کارآمد هستند. بینایی-ماشین و پردازش تصویر به عنوان یکی از اصلی‌ترین راه‌های درک روبات از محیط پیرامون، توجهات زیادی را به خود جلب کرده است و به طور گسترده در کاربردهای کشاورزی به ویژه تشخیص وضعیت و کیفیت محصول و برداشت آن استفاده شده است (رگیوناتان و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵). سیستم بینایی‌ماشین به طور ساده ترکیبی از یک سیستم روشنایی و یک سیستم بینایی کامپیوتری است که بر روی یک کامپیوتر شخصی مرتبط با دستگاه‌های الکتریکی و مکانیکی برای جایگزینی تلاش‌های انسانی به کار

<sup>1</sup> Sorting

<sup>2</sup> Grading

<sup>3</sup> Regunathan, et al

گرفته می‌شود. چشم انداز پتانسیل کاربردی سیستم بینایی ماشین در کشاورزی و صنایع غذایی از مدت زمان زیادی شناخته شده است (تیلت و مارچانت،<sup>۱</sup> ۱۹۹۰). سیستم بینایی ماشین به عنوان یک سیستم سریع، اقتصادی، سازگار و حتی دقیق‌تر از بسیاری روش‌های دیگر به طور فزاینده‌ای در صنایع غذایی برای ارزیابی کیفی و درجه‌بندی استفاده می‌شود (سان،<sup>۲</sup> ۲۰۰۰). چشم‌انداز کامپیوتر تلاش می‌کند تا رفتار انسانی را در رنگ، محتوا، شکل، و بازرسی بافت انطباق دهد (دومنیکو و همکاران،<sup>۳</sup> ۱۹۹۴). با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، تصاویری از نمونه‌ها به صورت کمی از ویژگی‌هایی مانند اندازه، شکل، رنگ و بافت تهیه می‌گردد (سان و همکاران،<sup>۴</sup> ۲۰۰۴). مولتو و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۹۸) از بینایی ماشین برای بازرسی کیفی میوه‌های پرتقال، هلو، زردآلو، سیب و گوجه استفاده کردند و به همین منظور از تقسیم‌بندی براساس قضیه بیز<sup>۵</sup> و توزیع فراوانی نیز بهره بردند. در تحقیق دیگری که توسط لیمنز و همکاران<sup>۶</sup> (۱۹۹۸) انجام شد، رنگ و بافت سیب‌های سالم و آفت‌زده مورد بررسی واقع شد. در همین راستا از روش تجزیه و تحلیل بر اساس پیکسل‌ها یعنی رنگ‌های قرمز، سبز و آبی به عنوان متغیرهای مستقل استفاده شد که روش تقسیم‌بندی سریع و مناسبی به همین منظور بود. روش‌های اپتیکی، مکانیکی، شیمیایی و امواج الکترومغناطیسی و صوتی در توسعه‌ی آزمون‌های غیرمخرب نقش اساسی دارند ولی تمامی روش‌های ذکر شده فقط قادرند پارامترهای محدودی از میوه‌ها را بسنجند. برای مثال اندازه گیری رنگ در گوجه فرنگی برای تخمین رسیدگی و زمان برداشت کافی است. در تحقیقی که توسط لویز و گومز<sup>۷</sup> (۲۰۰۴) انجام پذیرفت، رنگ در گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین ویژگی‌های ظاهری برای ارزیابی رسیدگی آن گزارش شده است. این تحقیقات در شش مرحله رسیدن و از ۱۷۵ مشاهده از میان ۱۱ رقم مورد بررسی گزارش شده است و بر مبنای شاخص رنگی  $L$ ،  $a$  و  $b$  (به ترتیب از سفید به سیاه، سبز به قرمز و آبی به زرد) می‌باشد. کاودیر و گویر<sup>۸</sup> (۲۰۰۲) روی درجه بندی سیب‌ها به صورت آفلاین و با کمک منطق فازی کار کردند. آن‌ها سیب را بر حسب شاخص‌هایی مثل رنگ، نقوص خارجی، شکل، وزن و اندازه درجه بندی نمودند که در نهایت سیب‌ها به سه درجه خوب، بد و متوسط تقسیم بندی شدن. پوردربانی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی امکان سنجی درجه‌بندی کیفی سیب با استفاده از پردازش تصویر تحقیق نمودند. هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان استفاده از پردازش تصویر برای درجه‌بندی سیب بر اساس صدمات سطحی بود. به همین منظور تعداد ۱۰۵ عدد سیب گرانی اسمیت به طور تصادفی

<sup>1</sup> Tillet & Marchant

<sup>2</sup> Sun

<sup>3</sup> Domeniko

<sup>4</sup> Molto, et al

<sup>5</sup> Bayes theorem

<sup>6</sup> Leemans et al

<sup>7</sup> Lopez & Gomez

<sup>8</sup> Kavdir & Guyer

انتخاب شد و از هر سبب در شرایط کنترل شده نور پردازی، تصاویری گرفته شد. سپس به کمک روش سعی و خطا مقدار آستانه به عنوان معیاری برای تصمیم‌گیری معیوب یا سالم بودن سبب بدست آمد. به-طور کلی می‌توان گفت بیشترین کارایی سیستم پردازش تصویر در حوزه کشاورزی مربوط به تشخیص رنگ، عیوب ظاهری و بافت محصول بوده است.

#### ۱-۷-۲- نورپردازی

تهیه تصاویر برای کاربردهای بینایی‌ماشین معمولاً تحت شرایط کنترل شده‌ی نور انجام می‌گیرد. علی‌رغم اینکه عکاسی در شرایط طبیعی و زیر تابش نور خورشید به واقعیت نزدیک‌تر است ولی به دلیل حساس بودن نرم‌افزارهای پردازش تصویر به نورپردازی، ثابت بودن شرایط عکاسی و نورپردازی، برای نمونه‌ها امری غیرقابل چشم‌پوشی است. تهیه تصاویر برای کاربردهای بینایی‌ماشین معمولاً تحت شرایط کنترل شده نور انجام می‌گیرد. علی‌رغم اینکه بعضی الگوریتم‌های بینایی‌ماشین برای تقلید کردن از سیستم بینایی انسان توسعه یافته‌اند، با این حال توسعه روش‌هایی برای تحلیل و شناسایی ویژگی‌های مرتبط با تصاویر به صورت مؤثر و ثابت کم‌رنگ‌تر بوده است. سیستم‌های بینایی‌ماشین قادر هستند به صورت ثابت تصاویر را تجزیه و تحلیل کنند ولی علی‌رغم پیشرفت‌های صورت گرفته در این زمینه، هیچ سیستم بینایی‌ماشین قادر نیست با برخی از ویژگی‌های سیستم بینایی انسان در قالب درک تصویر، ترانس به تغییرات نور، تضعیف قدرت تصویر و تغییرات اجزا تطبیق پیدا کند (دیویس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴). نورپردازی پیش‌نیاز مهمی برای دستیابی به یک تصویر به منظور ارزیابی کیفی محصول است. کیفیت تصویر گرفته شده را می‌توان به شدت تحت تأثیر شرایط نور دانست. یک تصویر با کیفیت بالا می‌تواند به کاهش زمان و پیچیدگی مراحل بعدی پردازش تصویر کمک کند و این به نوبه خود می‌تواند هزینه یک سیستم پردازش تصویر را کاهش دهد. برنامه‌های مختلف ممکن است نیاز به استراتژی روشنایی متفاوت داشته باشند. به همین منظور در این پژوهش سعی شده است نورپردازی‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. کیفیت تصویر گرفته شده را می‌توان به شدت تحت تأثیر شرایط نور دانست. نوینی<sup>۲</sup> (۱۹۹۰) گزارش داده است که انواع حالت‌های نورپردازی در این زمینه را می‌توان بدین‌گونه تقسیم‌بندی کرد: نورپردازی از جلو، نورپردازی پس زمینه و نورپردازی ساختاری.

<sup>1</sup> Davies

<sup>2</sup> Novini

Family name: <b>Amirseiedi</b>	Name: <b>Leyla</b>
Title of Thesis : <b>Ripening Detection of Red delicious apples using Machine Vision System</b>	
Supervisor: <b>Prof. Yousef Abbaspour- Gilandeh</b>	
Advisors: <b>Dr. Alireza Ghanbari and Dr. Hasan Maleki Lajayer</b>	
Graduate Degree <b>M.Sc.</b>	
Major: <b>Mechanic of Biosystem Engineering</b>	
Specialty: <b>Postharvest</b>	
University of <b>Mohagheh Ardabili</b>	Faculty of <b>Agriculture and Natural Resources</b>
Graduation date: <b>2017.9.16</b>	Number of pages: <b>101</b>
<b>Abstract</b>	
<p>Today, with the advancement of technology, there are new trends in science that help us to achieve our goals, and one of these branches is the vision of the machine. In order to get familiar with the machine vision, you need to know the types of sensors, lighting, image processing, and visual facilitation techniques that require a lot of research and study. This technology is hundreds of times more accurate, quicker and more functional than the human eye with the least error. Therefore, it is very practical in various industries and agriculture, so there is a lot of research on various topics in this field and it is still expanding. In this study, we tried to use the ability of this system. For this purpose, the analysis of Lebanese red apple juice has been considered. Using RGB color model and texture indices, the R2016a version of the MATLAB image processing toolkit has been reviewed. For this purpose, a Canon 450D camera was used for shooting and from a dome-shaped chamber with LED light sources and fluorescents to create as much natural light conditions as possible, and with the same reasoning, the combined lighting conditions were used, so that each apple 31 color images were taken with various lighting. On the other hand, 5 laboratory indices were calculated to increase the accuracy of work and also to determine the correlation between laboratory indices and visual machine indexes. Finally, the correlation between all the indices was determined using the neural network classifier and the highest correlation was found between the soluble solids index and the visual model of the car model (<math>R^2 = 0.94</math>). On the other hand, the correlation coefficient was evaluated using the spss software and ANOVA and Pearson analytical methods. All data were classified into three groups of visual machine indicators, laboratory indices and visual-laboratory machine indicators separately using Discriminant Analysis, a linear classifier, and the classification results were 98.3% , 93.3% and 98.3% , respectively.</p>	
Keywords: Ripening, Machine vision, Starch, Titerable Acidity, Brix index	



**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**

**Ripening Detection of Red delicious apples using Machine Vision System**

**Supervisor**

**Yousef Abbaspour Gilandeh (Prof.)**

**Advisors**

**Alireza Ghanbari (Ph.D)  
Hasan Maleki Lajayer (Ph.D)**

**By**

**Leyla Amirseyyedi**

**September – 2017**