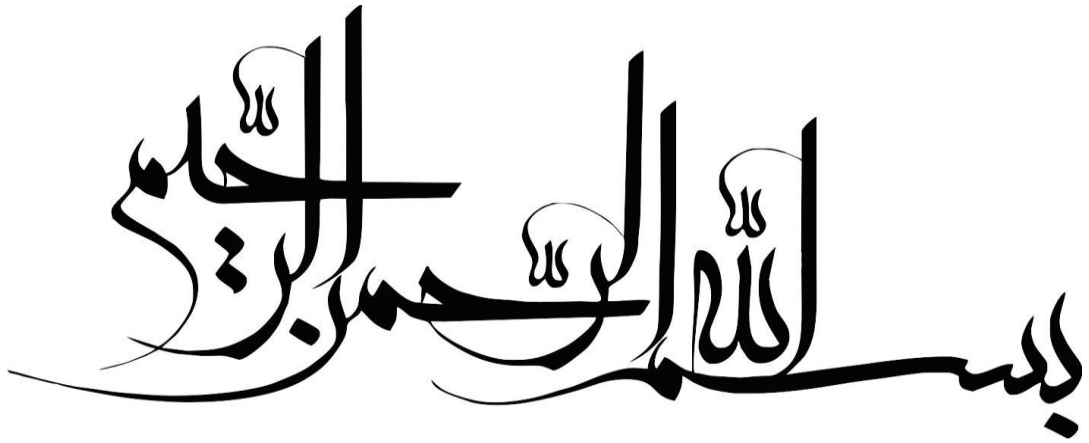
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی

پایان نامهٔ تحصیلی جهت دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی

گرایش مکانیک ماشین های کشاورزی

درجه‌بندی خیار با استفاده از ماشین بینایی

استاد راهنما :

دکتر سید ناصر علوی

استاد مشاور :

دکتر حسین نظام‌آبادی‌پور

مؤلف :

حمید قره‌خانی

شهریور ماه ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر بزرگوار

مادر مهربان

و همسر عزیزم.

تشکر و قدردانی

خدای بزرگ را شاکرم که توفیق داد تا پایان‌نامه‌ی خویش را به اتمام برسانم. حال فرصت را مغتنم شمرده و از اساتید محترمی که در این مدت مرا راهنمایی کردند تشکر و قدردانی می‌نمایم، بویژه از جناب آقایان دکتر سید ناصر علوی نائینی و دکتر حسین نظام‌آبادی‌پور که استاد راهنما و استاد مشاور بنده بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از پدر، مادر و همسر عزیز و گرانقدرم و همچنین خانواده‌ی خوبم که همیشه مشوق و یاری‌گر بنده بوده‌اند و بخصوص در این مدت زحمات فراوانی را متحمل شدند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین از عزیزانی که در این مدت مرا همراهی و کمک کردند تشکر می‌نمایم.

چکیده

خیار از جمله میوه‌های پرمصرف دنیاست که تولید سالیانه آن بالغ بر ۴۰ میلیون تن است. تولید خیار ایران بیش از ۱.۶ میلیون تن در سال و میزان صادرات آن ۲۷۰۰۰ تن می‌باشد. تولید خیار به دو صورت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای است. با توجه به تولید غیر گلخانه‌ای و صادرات خیار و اینکه با درجه‌بندی کردن محصول می‌توان بهره‌وری را افزایش داد، در این تحقیق درجه‌بندی خیار مدنظر قرار گرفت. معیارهای درجه‌بندی عبارتند از: طول، قطر، انحناء، یکنواختی قطر، سفیدی، یکنواختی رنگ،لهیدگی و برش (شکستگی).

با توجه به توانایی تشخیص این معیارها با هزینه‌های کم توسط ماشین بینایی، به عنوان یک روش بازرسی غیر مخرب و اینکه ماشین بینایی کیفیتی ثابتی از نظر درجه‌بندی ایجاد می‌کند از دید ماشین به عنوان مبنای سیستم درجه‌بندی استفاده شد.

الگوریتم درجه بندی با استفاده ازتکنیک های پردازش تصویر و فازی، براساس تعاریف استانداردCFIA و با استفاده ازنرم افزارMatlab R2008b پیاده سازی شد.خیارهادرسه درجه بندی Canada No.1وCanada No.2و درجه ۳(خیارهای خراب) درجه‌بندی شدند.

نرخ بازشناسی صحیح خیارهای شکسته و لهیده به ترتیب ۹۳.۳٪ و ۸۰٪ به دست آمد. نرخ بازشناسی صحیح خیار در سه درجه Canada No.1 وCanada No.2 و درجه سه به ترتیب ۸۷.۵٪ ، ۸۲.۴٪ و ۸۸.۲٪ بدست آمد.

نرخ بازشناسی کلی الگوریتم،۸۶٪ بدست آمد.

کلمات کلیدی: ماشین بینایی؛ فازی؛ خیار؛ درجه‌بندی

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیش گفتار ۲

۱-۲- تعریف و اهمیت مسئله ۲

۱-۳- هدف ۴

۱-۴- مراحل پایان‌نامه ۴

فصل دوم

مفاهیم

۲-۱- ماشین بینایی ۶

۲-۱-۱-سیستم بینایی ۶

۲-۱-۱-۱- تصویرگیری ۶

۲-۱-۱-۲-پردازش ۹

۲-۱-۱-۳- خروجی یا نمایش داده‌های تصویری ۹

۲-۲- پردازش تصویر ۱۰

۲-۲-۱- مباحث زمینه‌ای ۱۰

۲-۲-۲- روش‌های پیش پردازش ۱۷

۲-۲-۳- تحلیل تصویر ۲۰

۲-۳- فضاهای رنگ ۳۰

۲-۴- سیستم فازی ۳۲

۲-۴-۱- منطق فازی ۳۲

۲-۴-۲- اجزاء تشکیل دهندهٔ سیستم فازی ۳۳

۲-۵- خیار ۳۴

فصل سوم

پیشینه

۳-۱- استفاده از ماشین بینایی در کشاورزی برای بازرسی ۳۸

۳-۱-۱- نور مرئی ۳۸

۳-۱-۲- نور نامرئی ۴۲

۳-۲- استفاده از سیستم‌های فازی در کشاورزی ۴۳

۳-۳- خیار ۴۵

فصل چهارم

مواد و روش‌ها

۴-۱-مواد ۴۷

۴-۱-۱-جعبه تصویربرداری ۴۷

۴-۱-۲-منبع نور ۴۷

۴-۱-۳-دوربین ۴۸

۴-۱-۴- کامپیوتر ۴۹

۴-۱-۵- نرم افزار مورد استفاده ۴۹

۴-۱-۶- میوه ۴۹

۴-۲- روش‌ها ۴۹
۴-۲-۱ پیش پردازش ۴۹
۴-۲-۲- جداکردن میوه از زمینه ۵۰
۴-۲-۳- حذف دم میوه ۵۲
۴-۲-۴- استخراج ویژگی‌های فیزیکی ۵۲
۴-۲-۴-۱-طول ۵۳
۴-۲-۴-۲- قطر ۵۴
۴-۲-۴-۳- انحناء ۵۴
۴-۲-۴-۴- یکنواختی قطر ۵۷
۴-۲-۴-۴-۱: تعیین شاخص‌های باریک شوندگی، منقبض شدگی و تیزی ۵۷
۴-۲-۴-۴-۲- استفاده از فازی برای ارزیابی یکنواختی قطر ۶۱
۴-۲-۵- استخراج ویژگی‌های ظاهری ۶۲
۴-۲-۵-۱- برش(شکستگی) ۶۲
۴-۲-۵-۲- سفیدی ۶۴
۴-۲-۵-۳- یکنواختی رنگ ۶۸
۴-۲-۵-۴- لهیدگی ۷۱
۴-۲-۶- درجه‌بندی نهایی خیار بر اساس استاندارد ۷۵
۴-۲-۶-۱- استاندارد ۷۵
۴-۲-۶-۲- درجه‌بندی خیار ۷۵

فصل پنجم

نتایج و بحث

۵-۱- انتخاب پس زمینه ۸۰

۵-۲- منبع نوردهی ۸۱

۵-۳- پیرامون جداکردن خیار از زمینه ۸۲

۵-۴- حذف دم خیار ۸۴

۵-۵- پیرامون استخراج ویژگی‌های فیزیکی ۸۵

۵-۵-۱- طول ۸۵

۵-۵-۲- قطر ۸۶

۵-۵-۳- انحناء ۸۶

۵-۵-۴- یکنواختی قطر ۸۸

۵-۶- پیرامون استخراج ویژگی‌های ظاهری ۹۱

۵-۶-۱- برش ۹۱

۵-۶-۲- سفیدی ۹۴

۵-۶-۳- یکنواختی رنگ ۹۵

۵-۶-۴- لهیدگی ۹۶

۵-۷- درجه‌بندی نهایی ونتایج ۹۸

۵-۷-۱- ارزیابی قدرت تفکیک میوه‌های لهیده و شکسته از میوه‌های سالم ۹۸

۵-۷-۲- ارزیابی قدرت تفکیک میوه‌ها در سه درجه یک، دو و سه ۹۹

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۳

۶-۲- پیشنهادات ۱۰۳

منابع ۱۰۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیش گفتار

امروزه با پیشرفت علوم، زمینه‌های جدیدی در کشاورزی پدیدار گشته است. این زمینه‌ها برای بهبود امر کشاورزی و سهل نمودن آن و در حالت کلی کاهش هزینه‌ها و صدمات و افزایش بازدهی هستند. از جمله زمینه‌های جدید که در حال حاضر مورد استفاده‌اند عبارت‌اند از:

- استفاده از مواد کشاورزی بجای مواد نفتی برای تولید مواد (Biomaterials، Agro-materials، Bioplastics، Biopolymers، بیوکمپوزیت‌ها و...).

- استفاده از مواد کشاورزی بجای مواد نفتی برای تولید انرژی (بیوگازها، بیودیزل).

- کشاورزی دقیق(Precision farming) که مهم‌ترین بخش آن GPS است(رسم نقشه محصول).

- استفاده از سنسورها(برای تعیین سرعت، ارتفاع، شمارش و ...).

- استفاده از سیستم‌های تصمیم‌یار(مجموعه‌های فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی).

- استفاده از دید ماشین.

۱-۲- تعریف و اهمیت مسئله

خیار به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین سبزیجاتی است که معمولاً در قالب میوه مصرف می‌شود. تولید سالیانه این محصول در سطح دنیا، بالغ بر ۴۰ میلیون تن برآورد می‌شود (فتحعلیان و همکاران ۱۳۸۸). میزان تولید و سطح زیر کشت این محصول در کشور بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۸۸-۸۷ به قرار زیر می باشد :

به ترتیب تولید خیار (تن) و سطح زیر کشت (هکتار) :

آبی : ۱۵۹۹۳۰۹.۷۱ و ۸۲۳۱۳

دیم : ۴۴۱۲.۰۵ و ۵۸۳

جمع : ۱۶۰۳۷۲۱.۷۶ و ۸۲۸۹۶

طبق آخرین آمار منتشره توسط دفتر آمار و خدمات ماشینی همان مرکز در سال ۸۲، ۲۶۴۶۷ تن از این محصول بصورت های مختلف صادر شده است. تولید خیار در کشور به دو صورت سنتی و

گلخانه ای صورت می پذیرد. در حالت سنتی خیار های تولیدی در اندازه های گوناگون و با انحناهای مختلف و در حالت کلی در شکل های گوناگونی رشد پیدا می کنند. در حالت گلخانه ای این گوناگونی در ظاهر میوه به صورت چشمگیری کاهش یافته است ولی با این حال عدم یکنواختی همچنان قابل مشاهده است.

درجه‌بندی کردن میوه‌ها و در نتیجه آن به دست آوردن بازار مناسب، باعث درآمد بیشتر با تولید محصول یکسان می‌شود که این امر موجب رونق بخش کشاورزی کشور می‌شود و رونق بخش کشاورزی خود می‌تواند موجب بالا رفتن سطح زندگی کشاورزان و درآمدزایی بیشتر برای کشور از طریق صادرات بیشتر و با قیمت بالاتر شود.

به طور کلی برای ارزیابی کیفی و دسته‌بندی محصولات دو روش وجود دارد. نخست روش فاعلی است که در آن ارزیابی و تفکیک توسط افراد آموزش دیده انجام می‌شود و طبیعتاً کاری پرزحمت، هزینه‌بر و غیر قابل اطمینان است. روش دوم که اصطلاحاً روش مفعولی نامیده می‌شود با مشاهدات غیر انسانی سروکار دارد.در این روش از ماشین برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی (مانند اندازه، شکل، رنگ و پایداری) و ترکیبات شیمیائی (مانند آنزیم، رطوبت، فیبر و pH) استفاده می‌شود. (علیرضا قنبریان و داود قنبریان ۱۳۸۹)

ماشین‌هایی که از ابزار مکانیکی و ماشین بینایی برای درجه‌بندی میوه‌ها استفاده می‌کنند به سه دسته زیر تقسیم‌بندی شوند:

دسته اول ماشین‌هایی که صرفا از ابزار مکانیکی برای درجه‌بندی استفاده می‌کنند، دسته دوم ماشین‌هایی که از بینایی ماشین برای درجه‌بندی استفاده می‌کنند و دسته سوم ماشین‌هایی که تلفیقی از دو ماشین بالایی هستند. در این میان ماشین‌های دسته اول، اولاً فقط قادر به درجه‌بندی میوه با توجه به ابعاد فیزیکی میوه‌اند و قادر به تشخیص ویژگی‌های ظاهری مثل رنگ، لکه‌های روی پوست میوه و... نیستند؛ ثانیاً به دلیل تماس با میوه، می‌توانند باعث آسیب دیدن میوه شوند. به همین دلیل برای درجه‌بندی میوه هم بر اساس ابعاد فیزیکی و هم بر اساس ویژگی‌های ظاهری، چاره‌ای جز استفاده از بینایی ماشین نیست.

با توجه به اهمیت کیفیت ظاهری در درجه بندی محصولات غذائی و کشاورزی و تاثیر عواملی چون مساحت، حجم، نسبت قطر به عرض، رنگ و یکنواختی آن، وجود آلودگی و عیوب مختلف روی محصول و همچنین توانایی تشخیص این ویژگی ها با هزینه های خیلی پایین توسط

ماشین بینایی، به نظر می رسد ماشین بینایی در میان روش های غیرمخرب، بهترین است.(جارالمسجد و همکاران ۱۳۸۷)

بنابر توضیحات بالا، بدلیل صادرات خیار و نیز بدلیل اینکه تولید بصورت غیر گلخانه ای نیز زیاد است و در نتیجه غیر یکنواختی خیار زیاد است، درجه‌بندی خیار توسط ماشین بینایی می‌تواند باعث ایجاد درآمد بیشتر برای کشاورزان و در مرحله بعد برای کشور شود.

۱-۳- هدف

هدف از این تحقیق، توسعه الگوریتمی برای استفاده در سیستم ماشین بینایی، جهت درجه‌بندی خیار بر اساس معیارهای طول، قطر، انحناء، یکنواختی قطر، سفیدی روی پوست خیار، لهیدگی، شکستگی و یکنواختی رنگ است به طوری که شکستگی، باعث حذف خیار از فرآیند درجه-بندی شود و بقیه خیارها براساس بقیه معیارهای مدنظر و طبق استاندارد CFIA درجه‌بندی شوند.

۱-۴- مراحل پایان‌نامه

- تهیه میوه و شرایط لازم تصویربرداری شامل تهیه جعبه تصویربرداری مناسب و دوربین و در نهایت گرفتن تصاویر.

- انتقال تصاویر به کامپیوتر و فراخوانی داده‌ها در محیط متلب.

- برنامه‌نویسی جهت استخراج ویژگی‌های مدنظر اعم از ابعاد فیزیکی(طول، قطر، انحناء و یکنواختی قطر) و ویژگی‌های ظاهری (لهیدگی، شکستگی، سفیدی و یکنواختی رنگ پوست خیار).

- استفاده از فازی جهت شناسایی ویژگی‌های نادقیق (یکنواختی قطر).

- درجه‌بندی خیار به طور دقیق طبق استاندارد با اندازه‌گیری دقیق دستی و استفاده از شطرنجی کردن تصویر.

- درجه‌بندی خیار به طور دقیق طبق استاندارد با استفاده از الگوریتم توسعه داده شده در محیط متلب و ارزیابی عملکرد آن.

فصل دوم

مفاهیم کلی

۲-۱- ماشین بینایی:

ماشین بینایی مقوله نسبتا جدیدی است که منشأ آن به دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد. ماشین بینایی در لغت تبدیل تصویر یک شیء به اطلاعات قابل فهم برای کامپیوتر می‌باشد و به بیان دیگر، ایجاد توانایی بینایی را در ماشین گویند. وظایف اصلی که یک سیستم ماشین بینایی بر عهده می‌گیرد عبارتند از:

کنترل: کنترل در ساده‌ترین شکل آن مرتبط با تعیین موقعیت و ایجاد دستورات مناسب می‌باشد تا یک مکانیزم را تحریک نموده و یا عمل خاصی صورت گیرد؛ مثل هدایت کمباین در کناره‌ی زمین.

بازرسی: کاربردهای ماشین بینایی در بازرسی مرتبط با تعیین برخی پارامترها می‌باشد؛ مثل سورتینگ.

ورود داده‌ها: اطلاعات مربوط به کیفیت محصول و یا مواد و همچنین تعقیب فرایند تولید را می‌توان توسط ماشین بینایی گرفته و در بانک اطلاعاتی سیستم تولید کامپیوتری جامع به طور خودکار وارد نمود.

۲-۱-۱-سیستم بینایی:

یک سیستم ماشین بینایی شامل تمام اجزای لازم به منظور تهیه، تعریف دیجیتالیک تصویر، تغییر و اصلاح داده‌ها و ارائه نمایش داده‌های تصویری دیجیتال به دنیای بیرون(تجهیزات خارجی) می‌باشد؛ که این سیستم شامل سه قسمت اصلی است: قسمت تصویربرداری، پردازش و نمایش یا وسایل خروجی اطلاعات.

۲-۱-۱-۱- تصویرگیری

اولین جزء اصلی سیستم بینایی، قسمت تصویرگیری می‌باشد. تصویرگیری در ماشین بینایی به معنی تبدیل اطلاعات تصویرییک شیء فیزیکی و خواص ظاهری آن به صورت داده‌های عددی است به گونه‌ای که این تصویر می‌تواند توسط پردازشگر، پردازش شود. این جزء ممکن است شامل چهار فرآیند زیر باشد: نورپردازی، تشکیل تصویر یا متمرکز کردن آن، تصویرگیرییا تبدیل تصویر به سیگنال‌های الکتریکی، قالب‌بندی کردن سیگنال خروجی تصویر یا تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال.

الف) نورپردازی

نورپردازییک عامل کلیدی و تأثیرگذار بر روی کیفیت تصویر تشکیل‌شده است که به عنوان ورودی ماشین‌بینایی مورد استفاده قرار می‌گیرد ممکن است تا ۳۰٪ حجم کار و تلاش طراحی اجزای یک سیستم ماشین‌بینایی را به خود اختصاص دهد. روش نورپردازی و نوع منبع نور بر میزان پردازش‌های لازم بعدی و نتایج حاصله آن تأثیر دارد.

انواع نورهایی که استفاده می‌شوند عبارتند از: ۱-نور مرئی، که برای تولیدشان از لامپ‌های التهابی، فلورسنت و... استفاده می‌کنند؛ ۲- نورهای غیر قابل رؤیت؛ مثل اشعه ایکس و ماوراء بنفش و...

برای کاربردهای صنعتی نورپردازی، چهار نوع روش نورپردازی داریم:

نورپردازی از پشت :

وقتی شیء مورد بررسی بین دوربین و منبع نور قرار می‌گیرد نورپردازی را اصطلاحا نورپردازی از پشت می‌گویند. در این روش سایه‌ای از جسم تشکیل می‌شود و مرز جسم کاملا مشخص می‌باشد. روش نوردهی از پشت برای اعمالی از قبیل ترک، مک، وجود اشیای خارجی در قطعات شفاف ایده‌آل می‌باشد؛ مثال: تشخیص ترک استخوان در تصاویر اشعه ایکس.

نورپردازی از مقابل :

در روش نورپردازی از مقابل، نور منعکس شده از سطح جسم به دوربین وارد می‌شود. دوربین ومنبع نور در یک طرف شیء قرار می‌گیرد. با استفاده از این روش می‌توان اطلاعاتی درباره سطح جسم یا برجستگی یا فرورفتگی‌های آن و همچنین ابعاد جسم به دست آورد؛ مثال: بازرسی ساختار چوب.

نورپردازی دارای ساختار :

نورپردازی دارای ساختار عبارت از نور دادن به شیء با پرتوهای نوری دارای الگوی خاص یا به صورت الگوی مشبک است. از تلاقی شیء با تصویر پرتوهای نور دارای ساختار، یک الگوی منحصر به فرد از شیء حاصل می‌شود که این الگو بستگی به شکل و اندازه‌های جسم دارد.

نورپردازی لحظه‌ای :

در نورپردازی لحظه‌ای شیء برای مدت بسیار کوتاه ولی با شدت زیاد(۵ تا ۵۰۰ میکروثانیه) نوردهی می‌شود. پالس کوتاه نوردهی ممکن است برای ایجاد یک تصویرساکن از اجسام در حال حرکت به کار رود و یا ممکن است برای کاهش اثر نامطلوب نور محیط استفاده شود. در فرایندهای تولید معمولا قطعات بر روی نقاله متحرک بوده و یا قطعه طبعاً در حال حرکت می-باشد.

ب) تشکیل تصویر و متمرکز نمودن آن

تصویر شیء توسط یک عدد لنز، مشابه آنچه در دوربین عکاسی معمولی وجود دارد متمرکز می-شود. تفاوت بین دوربین عکاسی معمولی و سیستم بینایی در این است که در دوربین عکاسی از فیلم استفاده می‌شوددر حالی‌که در ماشین بینایی از یک صفحه سنسور استفاده می‌شود. سنسور تصویر را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. معمولا دوربین مورد استفاده در ماشین بینایی به طور جداگانه‌ای و با توجه به توانایی‌ها و نیازی که برای یک کاربرد خاص وجود دارد، مشخص می-گردد.

ج) تصویرگیری(شناسایی تصویر)

تصویر شیء توسط لنز دوربین بر روی صفحه تصویر متمرکز و تشکیل می‌شود. المان‌های سنسور که بر روی صفحه سنسور و در درون دوربین قرار دارند سیگنال الکتریکی را متناسب با تصویر تشکیل شده بر روی سنسور می‌سازند.

د)تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال

برای اینکه نمونه سیگنال‌های گرفته شده برای پردازش در سیستم بینایی مورد استفاده قرار گیرد، لازم است مقادیر آن به صورت دیجیتال درآیند. رزولوشن (قدرت تفکیک) نهایی سیستم متأثر از فرآیند تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال می‌باشد.

۲-۱-۱-۲-پردازش

در این مرحله جداسازی اهداف از زمینه یا موضوعات غیراصلی انجام می‌گیرد. به طور کلی هدف از پردازش عبارت است از:

۱- حذف یا کاهش نویزهای به وجود آمده به خاطر محدودیت‌های فیزیکی سخت افزار.
۲- ایجاد تغییر در داده‌های تصویری و ایجاد تصویر مطلوب، مناسب با کاربردمان.
عناصر پردازش شامل اجزای الکتریکی(سخت‌افزار) و برنامه نرم‌افزاری می‌باشند که اعمال زیر را انجام می‌دهند:

۱- گرفتن تصویر، ۲- بهبودی تصویر، ۳- قالب‌بندی کردن سیکنال خروجی و ۴- استخراج ویژگی‌ها.

برای تغییر داده‌ها سه روش اصلی وجود دارد که عبارتند از:

۱- تغییرات تک متغیری نقطه به نقطه با استفاده از مقادیر نقاط در یک تصویر.
۲- تغییرات چند متغیری با استفاده از مقادیر نقاط متناظر در تصاویر مختلف(تغییرات چند نقطه-ای).
۳- تغییرات ناحیه نقاط از یک تصویر واحد (که اغلب تکنیک‌های بهبوددهی تصویر از روش تغییرات ناحیه‌ای نقاط استفاده می‌کنند).

۲-۱-۱-۳- خروجی یا نمایش داده‌های تصویری

سیستم بینایی اطلاعات دقیق و فراوانی را در اختیار استفاده کننده قرار می‌دهد که این اطلاعات می‌تواند به اتخاذ تصمیم در مدیریت فرآیندها کمک کند. چون نوع داده‌های مورد نظر و روش استفاده از این داده‌ها بستگی به کاربرد خاص آن‌ها دارد، خروجی سیستم بایستی متناسب و مطابق با شرایط مربوطه باشد. (گالیبانی ۱۳۸۰)

۲-۲- پردازش تصویر

بدلیل اهمیت این بخش از سیستم بینایی و کاربرد آن در این تحقیق، در این قسمت دوباره و به طور مفصل به مقوله‌ی پردازش می‌پردازیم.

۲-۲-۱- مباحث زمینه‌ای

مبانی تصویر رقمی

ساختمان چشم انسان

چشم انسان تقریبا کره‌ای با قطر متوسط حدود ۲۰ میلی متر است. سه غشای قرنیه و صلبیه (برونی ترین لایه)، مشیمیه و شبکیه چشم انسان را احاطه کرده‌اند. قرنیه غشایی سفت و شفاف است که سطح داخلی چشم را می‌پوشاند. در بیرونی‌ترین لایه و در ادامه قرنیه، صلیبیه قرار دارد که غشای ماتی بوده و باقیمانده کره نوری را احاطه می‌کند. مشیمیه مستقیما زیر صلیبیه قرار دارد.

داخلی ترین لایه چشم شبکیه است که تمام بخش پشتی دیواره داخلی چشم را پوشاند.وقتی چشم روی شیئی متمرکز می‌شود، نور شئی خارجی روی شبکیه می‌افتد. بینایی با توزیع گیرنده‌های نوری گسسته در سطح شبکیه ممکن می‌شود. دو گروه از گیرنده‌ها وجود دارند: مخروط‌ها و میله-ها.

مخروط‌ها در هر چشم بین ۶ تا ۷ میلیون عدد هستند. آن‌ها روی قسمت مرکزی شبکیه که لکه زرد نامیده می‌شوند، قرار دارند و بسیار حساس به رنگ هستند. چشم انسان می‌تواند با استفاده از این مخروط‌ها تا حد زیادی جزئیات ریز را تشخیص دهد زیرا هر یک از آن‌ها به یک پایانه عصبی متصل است. بینایی مخروطی را بینایی رنگیبا بینایی در نور روشن می‌نامند.

تعداد میله‌ها بسیار بیشتر است: بین ۷۵ تا ۱۵۰میلیون میله در سطح شبکیه پخش شده‌اند. به علت ناحیه پخس وسیع‌تر و چون هر چند تا میله تنها به یک پایانه عصبی متصل شده‌اند، مقدار جزئیات قابل تشخیص توسط این نوع گیرنده‌ها کم است. کار میله‌ها تولید تصویری کلی و کامل از میدان دید است. آن‌ها در بینای رنگی دخالتی ندارند و به سطوح پایین روشنایی حساس هستند. این پدیده را بینایی غیر رنگی یا بینایی تاریکی می‌نامند.