بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه کارشناسی ارشد الکترونیک

پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش تصویر به صورت بلادرنگ با استفاده از FPGA

نگارش:

محمدعلی اعظمیان جزی

استاد راهنما: دکتر سید احمد معتمدی

تیرماه ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: **محمدعلی اعظمیان جزی** دانشجوی آزاد ⊗ بورسیه ○ معادل ○

شماره دانشجوئی: ۸۴۱۲۳۱۲۵ دانشکده: مهندسی برق رشته تحصیلی: مهندسی برق گروه: الکترونیک

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: سید احمد معتمدی درجه و رتبه: استاد تمام

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: علیرضا بهراد درجه و رتبه: استادیار

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش تصویر به‌صورت بلادرنگ با استفاده از FPGA

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: Real Time Implementation Of Image Processing Algorithms Using FPGA

نوع پروژه: کارشناسی ○ ارشد ⊗ دکترا ○ سال تحصیلی: ۸۷-۸۶

کاربردی ⊗ بنیادی ○ توسعه‌ای ○ نظری ○

تاریخ شروع :۸۵/۹/۱۶ تاریخ خاتمه : ۸۷/۴/۱۷ تعداد واحد : ۹ سازمان تأمین کننده اعتبار : -

واژه‌های کلیدی به فارسی: پردازش تصویر، پردازش بلادرنگ، FPGA، طراحی سخت‌افزاری

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : *Image processing, Real-Time Algorithms, FPGA, Hardware Design*

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۱۷	تصویر⊗ جدول⊗ نمودار ○ نقشه ○ واژه‌نامه ○		تعداد مراجع ۱۵	تعداد صفحات ضمائم در CD موجود است
زبان متن	فارسی ⊗	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ⊗	انگلیسی ○
یادداشت					

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه
۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

تقدیم به مادر و همسر عزیزم

چکیده

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، پردازش بلادرنگ، FPGA، ظراحی سخت‌افزاری

پردازش تصویر، یکی از علوم نسبتاً نوین است که جایگاه بسیار ویژه‌ای در تمامی فنون پیدا کرده است. در این علم، تغییر مشخصات یک تصویر به مقادیر مورد نظر و نیز استخراج ویژگی‌های خاص و اطلاعات مشخص از تصاویر مورد بحث قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت بسیار بالای تصویر در انتقال اطلاعات، نقش علم پردازش تصویر شفاف‌تر می‌شود.

الگوریتم‌های پردازش تصویر، عموماً الگوریتم‌های پیچیده و حجیمی هستند. چرا که اصولاً خود تصویر دارای حجم زیادی از اطلاعات است و با توجه به اینکه غالباً تمامی داده‌های تصویر در الگوریتم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، حجم عملیات زیاد می‌شود. از سوی دیگر سرعت پردازش تصاویر، عموماً یکی از پارامترهای بسیار مهم و حیاتی در این زمینه است. در بسیاری از موارد، ضروری است الگوریتم‌های پردازش تصویر به صورت بلادرنگ اجرا شود. بنابراین سیستم‌هایی در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرد، که از سرعت بالایی برخوردار باشد.

روش‌های متنوعی برای پیاده‌سازی سیستم‌های پردازش تصویر وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از تراشه DSP، نرم‌افزارهای کامپیوتری و FPGA اشاره کرد. هر یک از روش‌ها محاسن و معایبی دارد.

در این پروژه، روش‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند و FPGA به عنوان یکی از روش‌های مفید و کارآمد به منظور پیاده‌سازی سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوریتم‌های تصویری انتخاب شده، ابتدا با اعمال تغییراتی به الگوریتم‌های سخت‌افزاری تبدیل می‌شوند و سپس بهینه‌سازی‌های لازم بر روی آن‌ها انجام می‌پذیرد. سپس نتایج به دست آمده در نرم‌افزارهای مخصوص مدارات منطقی پیاده‌سازی و شبیه‌سازی می‌شوند و در نهایت الگوریتم به دست آمده بر روی یک برد FPGA قرار می‌گیرد.

پیاده‌سازی سیستم به روش‌های مختلف نرم‌افزاری و سخت‌افزاری نشان داد که سرعت پردازش سیستم‌های سخت‌افزاری شامل FPGA، بسیار بیشتر از سیستم‌های مشابه نرم‌افزاری هستند. بنابراین در سیستم‌هایی که سرعت پردازش در آن‌ها دارای اهمیت است، یکی از بهترین روش‌ها، استفاده از سیستم‌های سخت‌افزاری مبتنی بر این تراشه است.

فهرست مطالب

فصل ۱- مقدمه‌ای بر پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش بلادرنگ تصویر ۲

۱-۱- مفهوم پردازش تصویر ۲

۱-۲- ماهیت تصویر دیجیتال ۳

۱-۳- تکنیکهای مختلف پردازش تصویر ۴

۱-۴- الگوریتم‌های فیلترکردن تصویر و کاربرد آنها ۶

۱-۵- فیلتر میانه ۸

۱-۶- ردیابی جسم متحرک و الگوریتم‌های گوشه‌یابی ۱۲

۱-۷- جمع‌بندی فصل و نتیجه‌گیری ۱۷

فصل ۲- مروری بر سخت‌افزارهای برنامه‌پذیر ۲۰

۲-۱- روشهای مختلف پردازش سیگنال دیجیتال ۲۱

۲-۲- برنامه‌های کامپیوتری پردازش سیگنال دیجیتال ۲۱

۲-۳- مدارات مجتمع مخصوص کاربرد خاص(ASIC) ۲۲

۲-۴- پردازنده سیگنال دیجیتال(DSP) ۲۳

۲-۵- تراشه‌های FPGA ۲۴

۲-۶- FPGA یا DSP ۲۵

۲-۷- روشهای مختلف طراحی با استفاده از FPGA ۲۶

۲-۷-۱- استفاده از محیط شماتیکی ۲۶

۲-۷-۲- زبان برنامه‌نویسی Verilog HDL ۲۷

۲-۷-۳- زبان توصیف سخت‌افزار Altera ۲۷

۲-۷-۴- زبان توصیف سخت‌افزار VHDL ۲۸

۲-۸- مراحل مختلف پیاده‌سازی طرح ۲۸
۲-۹- انواع تراشه‌های FPGA و قابلیت‌های موجود در آن‌ها ۳۰
۲-۹-۱- معرفی ساختار داخلی FPGA ۳۰
۲-۹-۲- تراشه‌های Spartan3 شرکت Xilinx ۳۱
۲-۱۰- جمع‌بندی فصل و نتیجه‌گیری ۳۲
فصل ۳- تبدیل الگوریتم‌های نرم‌افزاری به الگوریتم‌های سخت‌افزاری ۳۵
۳-۱- تبدیل الگوریتم فیلتر میانه به یک الگوریتم منطقی ۳۵
۳-۲- تبدیل الگوریتم گوشه‌یابی KLT به یک الگوریتم سخت‌افزاری ۴۰
۳-۲-۱- مشتق‌گیری از تصویر در جهت‌های افقی و عمودی ۴۰
۳-۲-۲- محاسبه پارامترهای ماتریس اصلی ۴۲
۳-۲-۳- فیلتر گاوسی ۴۳
۳-۲-۴- محاسبه مقادیر ویژه ۴۶
۳-۲-۵- تصمیم‌گیری نهایی برای گوشه بودن یک نقطه ۴۷
۳-۳- جمع‌بندی فصل و نتیجه‌گیری ۴۸
فصل ۴- بهینه‌سازی سیستم و شبیه‌سازی در نرم‌افزارISE ۵۱
۴-۱- معرفی نرم‌افزار ISE ۵۱
۴-۲- مراحل مختلف پیاده‌سازی یک طرح در داخل نرم‌افزار ۵۶
۴-۲-۱- طراحی اولیه در قالب شماتیک یا زبان‌های نوشتاری توصیف سخت‌افزار ۵۶
۴-۲-۲- شبیه‌سازی عملکردی یا رفتاری طرح (Behavioral Simulation) ۵۷
۴-۲-۳- سنتز طرح برای یک تراشه خاص ۵۸
۴-۲-۴- تعریف محدودیت‌های متفاوت برای پیاده‌سازی طرح ۵۹
۴-۲-۵- پیاده‌سازی طرح برای یک تراشه خاص ۵۹
۴-۲-۶- تولید فایل برنامه‌ریزی و برنامه‌ریزی فایل بر روی IC توسط پروگرمر ۶۰
۴-۳- پیاده‌سازی بلوک‌های مختلف سیستم و بهینه‌سازی آنها ۶۰

۴-۳-۱- پیاده‌سازی پنجره همسایگی لغزان ۶۰
۴-۳-۲- بهینه‌سازی ساختار FIFO ۶۲
۴-۳-۳- پیاده‌سازی بلوک فیلتر میانه برای پنجره 3x3 ۶۳
۴-۳-۴- پیاده‌سازی بلوک مشتق‌گیر ۶۴
۴-۳-۵- محاسبه توان دوم و حاصل‌ضرب مشتق‌ها ۶۶
۴-۳-۶- پیاده‌سازی فیلتر گاوسی ۶۷
۴-۳-۷- بهینه‌سازی در پیاده‌سازی فیلتر گاوسی ۶۸
۴-۳-۸- پیاده‌سازی بلوک محاسبه مقدار ویژه ۷۲
۴-۳-۹- پیاده‌سازی بلوک تصمیم‌گیر برای گوشه بودن یا نبودن هر نقطه ۷۳
۴-۴- شبیه‌سازی کل سیستم ۷۳
۴-۵- مجموع تاخیرهای به دست آمده برای همه بلوک‌ها ۷۵
۴-۶- جمع‌بندی فصل و نتیجه‌گیری ۷۵
فصل ۵- پیاده‌سازی سیستم بر روی برد و نتایج تست آن ۷۸
۵-۱- نحوه نقل وانتقال داده بین کامپیوتر و سیستم ۷۹
۵-۲- واسط ارتباط با کامپیوتر از طریق پرت USB ۸۰
۵-۲-۱- ارتباط بین کامپیوتر و تراشه واسط ۸۱
۵-۲-۲- ارتباط بین تراشه واسط و FPGA ۸۲
۵-۳- تراشه RAM سریع و ارتباط آن با FPGA ۸۴
۵-۴- بلوک‌های سخت‌افزاری واسط طراحی شده در FPGA ۸۵
۵-۴-۱- بلوک CORNER DETECTOR ۸۶
۵-۴-۲- بلوک readusbwriteram ۸۷
۵-۴-۳- بلوک readramwritecorner ۸۸
۵-۴-۴- بلوک readramwriteusb ۸۹
۵-۴-۵- مدار startup ۹۰
۵-۴-۶- بلوک frontcontrol ۹۱

۵-۵- مراحل بعدی پیاده‌سازی پروژه در داخل نرم‌افزار ۹۳
۵-۵-۱- سنتز مدار ۹۳
۵-۵-۲- تعریف محدودیت‌های مدار (User Constraints) ۹۴
۵-۵-۳- پیاده‌سازی مدار (implementation) ۹۵
۵-۵-۴- تولید فایل برنامه‌ریزی ۹۶
۵-۶- بررسی سخت‌افزاری برد سیستم ۹۶
۵-۷- برنامه‌ریزی سیستم توسط نرم‌افزار ۱۰۰
۵-۸- جمع‌بندی فصل و نتیجه‌گیری ۱۰۰
فصل ۶- انجام آزمایش‌ها و ارزیابی سیستم ۱۰۳
۶-۱- آزمایش سیستم ۱۰۳
۶-۲- ارزیابی عملکرد سیستم از دیدگاه سرعت پردازش ۱۰۴
۶-۳- نتایج به دست آمده از اجرای پروژه ۱۰۶
۶-۳-۱- بهینه‌سازی‌های انجام شده در این پروژه ۱۰۶
۶-۳-۲- مقایسه سرعت پردازش برد ساخته شده نسبت به روش‌های مشابه ۱۰۷
۶-۳-۳- مقایسه روش‌های پیاده‌سازی ۱۰۷
۶-۳-۴- سایر دست‌آوردهای پروژه ۱۰۸
مراجع ۱۱۲

پیش‌گفتار

در این گزارش، پیاده‌سازی سخت‌افزاری الگوریتم‌های پردازش تصویر بر روی سخت‌افزارهای برنامه‌پذیر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در فصل اول گزارش، ابتدا مروری بر علم پردازش تصاویر انجام می‌پذیرد و کاربردهای این علم در عرصه‌های مختلف مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس به بررسی الگوریتم‌های مورد بحث در این پروژه پرداخته می‌شود.

علم پردازش تصویر، یکی از علوم نسبتاً نوین است که در تمامی عرصه‌ها از عرصه‌های فنی گرفته تا اجتماعی، جایگاه بسیار ویژه‌ای پیدا کرده است. با توجه به اهمیت بسیار بالای تصویر در انتقال اطلاعات و این موضوع که اطلاعات نقش بسیار مهمی در پیشرفت‌های همه‌جانبه ایفا می‌کند، نقش علم پردازش تصویر شفاف‌تر می‌شود. در علم پردازش تصویر، شاخه‌های مختلفی وجود دارد. در برخی شاخه‌های این علم، هدف ایجاد کیفیت مطلوب‌تر در تصاویر به منظور رسیدن به یک مشخصه خاص است. در برخی دیگر از شاخه‌ها، سیستم به دنبال یافتن و استفاده از اطلاعات موجود در تصاویر به منظور رسیدن به هدفی خاص است. در هر دو مورد از موارد مطرح شده، چون سیستم پردازشی عملیات ریاضی بر روی داده‌های تصویر انجام می‌دهد، حجم عملیات نیز به تبع بالابودن حجم داده‌های تصویر معمولاً زیاد است. بنابراین سرعت پردازش اطلاعات یک تصویر همیشه به عنوان یک پارامتر مهم در طراحی سیستم‌های پردازشی مورد نظر بوده است.

در بسیاری از پردازش‌هایی که بر روی تصویر انجام می‌پذیرد، رسیدن به پردازش بلادرنگ جزء لاینفک سیستم است. بنابراین طراحی سیستم و بهینه‌سازی آن در راستای افزایش سرعت پردازش، از اولویت‌های آن سیستم به شمار می‌رود.موضوعی که در این پروژه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد، پیاده‌سازی بلادرنگ الگوریتم‌های ردیابی بود. ردیابی یک شیء معین در تصاویر متوالی

یکی از موضوعات کلاسیک علم پردازش تصویر است و تحقیقات فراوانی تاکنون بر روی آن صورت پذیرفته است. واضح است بلادرنگ بودن پردازش‌ها در این الگوریتم‌ها جـزء لاینفـک سیسـتم اسـت. الگوریتمی که به طور عملی در این پروژه مورد بررسی قرار می‌گیرد، الگـوریتم Good feature to tracking است. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های تشخیص گوشه‌های یک تصویر اسـت کـه جـزء الگوریتم‌های اولیه در سیستم‌های ردیابی محسوب می‌شود. این الگوریتم در این گزارش به طور کلـی معرفی می‌شود و مشکلاتی که در پیاده‌سازی آن به صورت بلادرنگ وجود دارد، مـورد بررسـی قـرار می‌گیرد. علاوه بر بررسی این الگوریتم، یکی از الگوریتم‌های کاهش نویز نیز مورد بحث قرار می‌گیرد. چرا که نویز جزء لاینفک هر سیگنال است. الگوریتم کاهش نویزی که در این پروژه مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت پیاده‌سازی می‌شود، فیلتر میانه است.

در فصل دوم گزارش، به بررسی سخت‌افزارهای منطقی برنامه‌پذیر پرداختـه مـی‌شـود. در ایـن پروژه، هدف این است که الگوریتم‌های موجود در زمینه ردیابی، به نحوی تغییر کند که بتوان آن‌هـا را بر روی سخت‌افزارهای برنامه‌پذیر پیاده‌سازی کرد. پیاده‌سازی الگوریتم‌ها بر روی این سـخت‌افزارهـا چند حسن دارد. از این محاسن می‌توان به کارایی بالاتر، حجم کمتـر، سـرعت بیشـتر و هزینـه کمتـر اشاره کرد. سرعت بالاتر در این سخت‌افزارها ناشی از پیاده‌سازی سیستم‌ها به صورت مـوازی و تـک کاره بودن سیستم است. برخی از پارامترها درپیاده‌سازی سـخت‌افـزاری و برخـی دیگـر در کـامپیوتر دارای مزیت هستند. بنابراین انتخاب نوع سخت‌افزار کاملاً بستگی به طرح دارد. با توجه به نتـایج بـه دست آمده از پیاده‌سازی طرح در هر دو سیستم و مقایسه آن‌ها با همدیگر و نیز با توجه بـه موقعیـت بلوک مورد بحث در این پروژه در یک سیستم کامل ردیاب، در مجموع استفاده از سخت‌افزار خارجی مناسب‌تر از کامپیوتر است.

در فصل دوم، سخت‌افزارهـای مختلفـی کـه در زمینـه پـردازش سـیگنال مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیرند، بررسی می‌شوند و نقاط ضعف و قوت هر یک نیز مورد بحث قرار می‌گیرند. در میـان ایـن سخت‌افزارها، FPGA به عنوان انعطاف‌پذیرترین گروه مورد توجه قرار می‌گیرد. چرا که قدم به قـدم پردازش‌ها در آن توسط کاربر قابل کنترل است. از طرفی پردازش موازی تا حد بسیار بـالاتری نسـبت به سخت‌افزارهای مشابه در آن قابل پیاده‌سازی است. یکی دیگر از مزایای این سـخت‌افزارهـا امکـان پیاده‌سازی سیستم‌ها به صورت خط‌لوله‌ای در آنهاست. این تکنیک کمک شایانی به بـالابردن سـرعت سیستم می‌کند. همچنین در FPGA تعداد پین‌های ورودی و خروجی زیادی در دست کاربر هستند.

در ادامه فصل دوم نیز به بررسی انواع FPGAهای موجود و امکانات آنها پرداخته مـی‌شـود و تراشه‌های SPARTAN محصول شرکت Xilinx به عنوان تراشه‌های انتخاب شده برای پیاده‌سازی این پروژه مورد توجه قرار می‌گیرد. از دلایل انتخاب این تراشه‌ها می‌توان به در دسترس بـودن آسـان، قیمت پایین، پشتیبانی توسط سایر نرم‌افزارها و امکانات بالای پردازشی آنها اشاره کرد.

در فصل سوم این گزارش، به بررسی نحوه تبدیل الگوریتم‌های نـرم‌افـزاری بـه سـخت‌افـزاری پرداخته می‌شود. الگوریتم نرم‌افزاری یک الگوریتم میکروپروسسوری اسـت کـه تعـدادی فرآینـدهای مشخص در آن به ترتیب اتفاق خواهد افتاد. در یک الگوریتم سخت‌افزاری چنین امکانی در دسـترس نیست و زمان و نحوه انجام تک‌تک محاسبات باید توسط زمانبندی و بوسیله کاربر برنامه‌ریزی شـود. در پایان این فصل الگوریتم‌ها به زبان سخت‌افزار در دسترس هستند و امکان پیاده‌سـازی آنهـا توسـط عناصر منطقی وجود دارد.

در فصل چهارم از این گزارش، نحوه پیاده‌سازی سخت‌افزاری الگوریتم در نرم‌افزار ISE و بهینه‌سازی‌های انجام شده بر روی آن در این پروژه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. همچنین شبیه‌سازی سیستم و نتایج حاصل از آن در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در فصل پنجم گزارش، نحوه پیاده‌سازی سیستم بر روی برد و طراحی واسط‌های مختلف به منظور تست سیستم مورد بحث قرار می‌گیرد. در این فصل، ساختار بلوک‌های واسط استفاده شده مورد بررسی قرار می‌گیرند و هم‌چنین راجع به چیدمان آن‌ها به منظور ارتباط با کامپیوتر بحث می‌شود. همچنین ساختار برد سخت‌افزاری ساخته شده برای اجرای پروژه در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد و المان‌های مختلف استفاده شده آن تشریح می‌شود.

در فصل ششم نیز نحوه تست سیستم تشریح شده و نتایج حاصل از تست ارائه می‌شود.

فصل اول

مقدمه‌ای بر پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش بلادرنگ تصویر

فصل ۱- مقدمه‌ای بر پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش بلادرنگ تصویر

۱-۱- مفهوم پردازش تصویر

تصویر، گویاترین وسیله برای برقراری ارتباط و انتقال اطلاعات است. از این رو استخراج اطلاعات از آن و نیز اعمال تغییرات بر روی آن مورد توجه قرار می‌گیرد. با توجه به گسترش فناوری دیجیتال، اطلاعات تصاویر نیز به‌صورت دیجیتال درآمدند تا پردازش بر روی آنها به سادگی صورت پذیرد.

پردازش تصویر، یکی از زمینه‌های مهم در زمینه خودکار کردن صنایع به شمار می‌رود. علم بینایی ماشین، امروزه به طور گسترده در زمینه دریافت و پردازش اطلاعات سیستم‌های مختلف صنعتی به کار گرفته می‌شود. برای مثال می‌توان به استخراج ویژگی و آنالیز خودکار قطعات مکانیکی و جستجوی خودکار برای یافتن عیوب و نقص‌ها در آنها اشاره کرد. با توجه به حجم بالای داده‌ها و زمان‌بر بودن پردازش آنها، در این‌گونه زمینه‌ها مهم‌ترین چالش معمولاً طراحی سیستم‌ها به صورت بلادرنگ است.

پردازش تصویر، هدف‌های گوناگونی را ممکن است دنبال کند. در برخی از کاربردها، پردازش تصویر شامل الگوریتم‌هایی می‌شود که به منظور ارتقاء کیفیت تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این الگوریتم‌ها، خروجی یک تصویر جدید است که برخی خصوصیات آن به نحو مطلوب تغییر کرده است. از جمله این الگوریتم‌ها، می‌توان به الگوریتم‌های کاهش نویز اشاره کرد. این الگوریتم‌ها پس از اعمال به نقاط تصویر، نویزهای موجود در آن را کاهش می‌دهد. در برخی الگوریتم‌های دیگر، حذف ماتی تصویر و یا تعمیر قسمت از دست‌رفته تصویر ممکن است مد نظر باشد. توجه شود در همه این

الگوریتم‌ها، اطلاعات یک نقطه به تنهایی برای پردازش آن نقطه کافی نیست. در حقیقت الگوریتم برای تعیین خروجی یک نقطه، عموماً اطلاعات نقاط همسایگی نقطه را نیز به عنوان ورودی دریافت می‌کند.

برخی دیگر از الگوریتم‌های پردازش تصویر، به دنبال استخراج اطلاعات از داخل یک تصویر هستند. این الگوریتم‌ها، با دریافت اطلاعات نقاط مختلف تصویر، ویژگی‌های مشخصی از آن تصویر استخراج می‌کنند. به این عمل «استخراج ویژگی» گفته می‌شود. استخراج ویژگی کاربردهای متفاوتی دارد. برای مثال با استخراج ویژگی از روی تصویر اثر انگشت و مقایسه آن با بانک اطلاعاتی موجود می‌توان به تشخیص هویت پرداخت. همچنین می‌توان وجود یا عدم وجود یک شی در تصویر و یا سرعت حرکت آن را در تصویرهای متوالی تشخیص داد. تاکنون مقالات بسیار زیادی در زمینه‌های مختلف استخراج ویژگی به چاپ رسیده است. به نحوی که این تکنولوژی به همراه تکنولوژی «تشخیص الگو»، هم‌اکنون به عنوان یک شاخه علمی مستقل و منشعب از پردازش تصویر در دنیا مطرح است. این‌گونه الگوریتم‌ها ممکن است بر روی یک نقطه از تصویر عمل کنند و یا اینکه به محدوده خاصی از تصویر اعمال گردند و حتی در برخی کاربردها، کل پیکسل‌های یک تصویر در استخراج یک ویژگی خاص سهیم هستند.

۱-۲- ماهیت تصویر دیجیتال

یک تصویر دیجیتال، ماتریسی از داده های گسسته است که به هر یک از نقاط تصویر، یک عدد گسسته منتسب می‌کند. منظور از پردازش تصویر دیجیتال، انجام عملیات ریاضی بر روی این ماتریس به منظور رسیدن به یک ماتریس جدید و یا استخراج برخی پارامترها از روی این ماتریس است. ماتریس یک تصویر با استفاده از نمونه‌برداری مکانی دوبعدی از روی تصویر آنالوگ به دست می‌آید.

هر چه گام نمونه‌برداری از تصویر کوچک‌تر باشد، اطلاعات بیشتری از تصویر در داخل ماتریس قرار می‌گیرد و تصویر واضح‌تر و گویاتر خواهد بود. همچنین هر چه تعداد بیت‌هایی که برای بیان مقدار روشنایی یک نقطه از تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد بیشتر باشد، سطوح تمایز بیشتر شده و تصویر دارای کیفیت بالاتری خواهد بود. اما توجه شود هر دو مورد از موارد ذکر شده با هزینه همراه است. در حقیقت افزایش هر یک از دو پارامتر مذکور، به همان نسبت افزایش حجم اطلاعات تصویر را به دنبال خواهد داشت. افزایش حجم اطلاعات دو پیامد مهم دارد. پیامد اول مربوط به ذخیره‌سازی تصویر است. واضح است افزایش حجم اطلاعات تصاویر موجب می‌شود که حافظه بزرگتری برای ذخیره‌سازی آنها مورد نیاز باشد. پیامد دوم که به مراتب مهم‌تر از پیامد اول نیز هست، افزایش حجم محاسبات در پردازش تصویر است. همانطور که ذکر شد، پردازش تصویر دیجیتال، شامل عملیاتی است که بر روی ماتریس تصویر انجام می‌پذیرد. از آنجا که سرعت پردازش یک پارامتر مهم در پردازش تصاویر و به خصوص پردازش بلادرنگ تصاویر است، حجم بالای اطلاعات تصویر این امر مهم را با مشکل مواجه می‌کند. بنابراین در هنگام رقمی‌کردن یک تصویر، باید نقطه بهینه‌ای برای دو پارامتر متضاد «دقت و وضوح بالا» و نیز «حجم کم» در نظر گرفته شود.

۱-۳- تکنیکهای مختلف پردازش تصویر

به منظور رسیدن به وضوح بالای تصویر لازم است نقاط بسیار زیادی از تصویر نمونه برداری شوند. از این رو حجم ماتریس منتسب به تصویر بسیار بالاست. به طوری که فایلهای تصویری در مقایسه با سایر فایلها به مراتب حجیم‌تر هستند. به تبع این موضوع انجام پردازش بر روی آنها نیز زمان‌بر بوده و حجم کاری زیادی می طلبد. از این رو روشی که برای پردازش مورد استفاده قرار می‌گیرد مهم است. در پردازش تصویر، روشی مورد توجه‌تر است که سریعتر و دارای تعداد عملیات

کمتر باشد. بنابراین نیاز است که هم از لحاظ سخت‌افزاری و هم از لحاظ نرم‌افزاری الگوریتم‌هایی انتخاب شوند که عملیات پردازش را بهینه انجام دهند.

در این قسمت تکنیکهای مختلفی که در پردازش تصاویر دیجیتال مورد استفاده قرار می‌گیرند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. بسته به نوع کاربرد، تصویر می‌تواند بطور سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری مورد پردازش قرار گیرد. اگر هدف ساختن یک ماژول کاربردی باشد که قرار است بطور دائمی بر روی یک سیستم بسته شود و عملیات پردازش را بطور پیوسته انجام دهد، بهتر است از یک ماژول سخت‌افزاری استفاده گردد. در این‌گونه موارد، استفاده از بعضی از بسته‌های سخت‌افزاری ممکن است به لحاظ سرعت از یک PC و یا به عبارتی یک پردازنده PENTIUM مناسب‌تر باشد. زیرا این بسته سخت‌افزاری بطور خاص منظوره برای یک عملیات پردازش بخصوص طراحی خواهد شد. بنابراین سرعت آن قابل توجه خواهد بود.

در برخی از موارد، هدف پردازش برون‌خط (OFF LINE) تصویر است. بنابراین محدودیت زمانی کمتر است و استفاده از PC و بسته‌های نرم‌افزاری آن قطعاً به صرفه خواهد بود. بنابراین معمولاً برای یک استفاده کوتاه مدت و یا پردازش برون‌خط از پردازش سخت‌افزاری استفاده نخواهد شد.

پردازشهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نیز به نوبه خود متعدد هستند. پردازش نرم‌افزاری می‌تواند توسط نرم‌افزارهای متعددی که بدین منظور طراحی شده‌اند، انجام پذیرد. برای مثال PHOTOSHOP یک بسته نرم‌افزاری برای کاربرد آسان و ساده پردازش تصویر است. همچنین جعبه ابزار پردازش تصویر MATLAB، یک ابزار قوی برای پردازش حرفه‌ای تصویر است. توجه شود همانطور که بحث شد سرعت پردازش به این روش معمولاً پایین است.

اما بحث اصلی در این پروژه، پردازش‌های بلادرنگ است که قاعدتاً بر روی سخت‌افزار خاص‌منظوره پیاده‌سازی خواهد شد. بخصوص که هدف، ساختن ماژولی است که بتواند بطور دائمی تصویر را به صورت درون‌خط (ON LINE) پردازش کرده و اطلاعات را بطور بلادرنگ استخراج کند. در این راستا ابزارهای مختلفی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. از جمله این ابزارها، میکروپروسسورها و میکروکنترلرها، DSPها، CPLDها و یا FPGA ها هستند. میکروکنترلرها ابزارهای ارزان قیمتی هستند که به سادگی می‌توان با آنها کار کرد، اما در مقایسه با DSP ها هم دارای قابلیت پردازشی کمتر و هم سرعت پایین‌تر هستند. بنابراین انتخاب نهایی برای این هدف استفاده از DSP یا FPGA است که هر یک مزیت و عیب خود را دارد. در فصل بعدی تکنیک‌های مختلف جهت پردازش تصاویر با تفصیل بیشتری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۴- الگوریتم‌های فیلترکردن تصویر و کاربرد آنها

فیلترها، همانطور که از نام آنها پیداست، برای حذف برخی از آثار از روی تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌کارگیری فیلترها می‌تواند اهداف مختلفی داشته باشد. برخی از فیلترها برای حذف آثار مخرب از روی تصویر به کار می‌روند. عمومی‌ترین فیلترهایی که جزء این گروه به حساب می‌آیند، فیلترهای حذف نویز هستند که در این قسمت به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت. نوع دیگری از فیلترها هستند که هدف از به‌کارگیری آنها حذف پارامتری معین از تصویر است که این پارامتر الزاماً مخرب نیست، بلکه ممکن است در یک کاربرد خاص مطلوب نباشد. برای مثل ممکن است در یک تصویر تیزی خیلی زیاد مطلوب نباشد. در این‌گونه تصاویر با به‌کار گرفتن فیلترهای ملایم‌کننده،تصویر را نرم‌تر می‌کنند.

برخی از الگوریتم‌های دیگر وجود دارند که می‌توانند چندمنظوره مورد استفاده قرار گیرند. برای مثال، الگوریتم گاوسی را می‌توان نام برد. این الگوریتم، به خودی خود یک پنجره دوبعدی را که آرایه‌های آن وزن‌های متفاوتی به خود می‌گیرند، با تصویر درگیر (Convolve) می‌کند. این فیلتر، عموماً برای نرم‌کردن تصویر و همچنین حذف نویز مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما در برخی از موارد،کاربرد آن کاملاً متفاوت است. از جمله این موارد، الگوریتم تشخیص گوشه است. نحوه عملکرد این الگوریتم در الگوریتم‌های تشخیص گوشه، در همین فصل به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

دو نوع طبقه بندی برای فیلترهای حذف نویز وجود دارد. در طبقه‌بندی اول، این فیلترها به فیلترهای مکانی و فرکانسی تبدیل می‌شوند. در فیلترهای فرکانسی، الگوریتم بر روی پارامترهای فرکانسی تصویر عمل می‌کند. برای مثال، یک فیلتر پایین‌گذر، فرکانس‌های بالای تصویر را تضعیف کرده و فرکانسهای پایین را حفظ می‌کند. انواع گوناگونی از فیلترهای فرکانسی وجود دارند که از بحث این گزارش خارج است. در فیلترهای مکانی، الگوریتم در حوزه مکان عمل می‌کند. یک نمونه از الگوریتم‌های مکانی، الگوریتم وارون‌سازی است که در آن معکوس تصویر محاسبه می‌شود. در این گزارش فیلتری که برای حذف نویز مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک فیلتر مکانی است.

در دسته‌بندی دیگری، فیلترها به دو دسته خطی و غیرخطی تقسیم می‌شوند. در فیلترهای خطی، عملگری که به تصویر اعمال می‌شود، یک عملگر خطی است. برای مثال یک فیلتر نرم‌کننده تصویر، مجموع جبری ضرایبی از پیکسل‌های یک همسایگی از نقطه‌ای مورد نظر را برای آن نقطه انتخاب می‌کند. این عمل با درگیر (Convolve) کردن یک پنجره N*N با تصویر صورت می‌پذیرد.