دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای در یافت درجه ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق
گرایش مخابرات

ترمیم تصاویر دیجیتال مبتنی بر محاسبه ی کانولوشن

استاد راهنما:
دکتر سعید سریزدی

استاد مشاور:
دکتر حسین نظام آبادی پور

مولف:
حسین نوری رحمت آباد

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر بزرگوارم که نستوهی او کوه را به خاطر می آورد. او که با ایمان و اعتقاد، ایثار و تلاش خستگی ناپذیر را به من آموخت.

آستان پر مهر مادرم، دامنی سبزتر از دامنه های کوهساران عالم و نگاهی پرمهرتر از بارش باران به سبزه زاران، که تمام رویشم، به جانب خورشید پر فروغ روی اوست.

خواهر و برادرم آنان که مشوق همیشگی در زندگی ام بوده اند، یاران پر محبتی که کلامشان صداقت می باشد و در قلب مهربانشان عطوفت موج می زند.

تمامی اساتید محترمی که در طول مدت تحصیل افتخار کسب علم را در محضرشان داشته ام.

تشکر و قدردانی

بر خود واجب می دانم که از زحمات بی دریغ و راهنمایی های ارزنده ی استاد بزرگوار جناب آقای دکتر سریزدی که چونان چراغی پر فروغ راهگشای مسائل و مشکلاتی بودند که در تهیه و تنظیم این پایان نامه برای این حقیر پیش آمد، تشکر و قدر دانی نمایم. اینجانب علاوه بر راهنمایی های علمی و فنی که از محضر ایشان کسب نمودم، درس چگونه بودن را نیز از سعه صدر و شخصیت والای ایشان آموختم.

با سپاس و تشکر از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر نظام آبادی پور که چه در تدوین این پایان نامه و چه در طول دوران تحصیل در این رشته، از تذکرات و راهنمایی های مفید و به جای ایشان بهره مند شدم.

و با تشکر از اساتید محترم جناب آقای دکتر صیدنژاد و جناب آقای دکتر افتخاری که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشته و پایان نامه را با دقت زیادی مطالعه کردند.

این پایان نامه از پشتیبانی مرکز تحقیقات مخابرات ایران در چهار چوب قرارداد شماره ی ۵۰۰/۱۴۹۶۳/ت مورخ ۱۳۸۹/۱۰/۲۹ بین دانشگاه شهید باهنر کرمان و آن مرکز محترم برخوردار بوده است.

چکیده- ترمیم تصویر پر کردن نواحی مخدوش و از دست رفته ی تصاویر دیجیتال است به گونه ای که برای یک بیننده ی معمولی که با تصویر اصلی آشنا نیست، قابل تشخیص نباشد. اهمیت ترمیم تصویر در مبحث پردازش تصویر از کاربردهای بسیار زیاد آن دیده می شود، برای مثال در ترمیم نقاشی های قدیمی به منظور نگه داری آن ها، بازسازی عکس ها و فیلم های قدیمی مخدوش شده در اثر شیارهای و وصله های از دست رفته، حذف متن و اشیاء از تصاویر دیجیتال به منظور جلوه های ویژه، رفع انسداد در مبحث بینایی ماشین و غیره.

در این پایان نامه پنج روش جدید برای ترمیم تصاویر دیجیتال پیشنهاد شده است. سه تا از آنها مبتنی بر کانولوشن هستند: یکی از آنها مبتنی بر فیلترهای دوطرفه است و الگوریتمی سریع بوده و می تواند بافت های آسیب دیده را ترمیم کند. الگوریتم دوم بر پایه ی گرادیان سه پیکسلی محلی می باشد. برخلاف سایر الگوریتم های مبتنی بر کانولوشن، این روش قادر به ترمیم نواحی مخدوش بزرگ و پیچیده می باشد و از سرعت نسبتاً بالایی برخوردار است. الگوریتم سوم با استفاده از گرادیان مرکزی و یک تابع وزن دهنده برای تشکیل ضرائب ماسک کانوالو شونده پیشنهاد شده است. این روش دارای سرعت بالایی می باشد و همچنین قادر به ترمیم ساختارهای از دست رفته ی نسبتاً بزرگ می باشد.

در این پایان نامه همچنین دو الگوریتم جدید دیگر پیشنهاد شده است. روش اول (الگوریتم چهارم در متن) مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای می باشد. آن پیکسل های از دست رفته را با گسسته سازی و حل یک معادله ی دیفرانسیل درونیابی می کند. الگوریتم دوم (الگوریتم پنجم در متن) یک الگوریتم جدید بوده و متعلق به هیچ یک از دسته های ذکر شده در فصل دوم نمی باشد. آن روش بر پایه ی فیلتر های میانه ی جهت دار می باشد که بسیار سریع می باشد و نتایج بسیار خوبی دارد. نتایج عملی کارایی الگوریتم های پیشنهادی را تایید می کند.

این پایان نامه به صورت زیر سازماندهی شده است: در فصل اول مقدمه و کاربرد های ترمیم تصویر آورده شده است. سپس در فصل دوم مروری بر روش های موجود انجام شده است. بعد از آن در فصل سوم پنج الگوریتم جدید پیشنهاد گردیده است. فصل چهارم به آزمایش ها و نتایج اختصاص داده شده است. سر انجام در فصل پنجم نتیجه گیری آورده شده است و چند پیشنهاد برای بهبود عملکرد الگوریتم های پیشنهادی و یا ابداع الگوریتم های جدید ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی- ترمیم تصویر، بازسازی تصویر، کانولوشن، فیلترهای دوطرفه، فیلترهای جهتی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و تاریخچه ۱

۱-۱-مقدمه ۱

۱-۲-اهداف پایان نامه ۴

۱-۳-سازماندهی سازماندهی پایان نامه ۴

فصل دوم: دسته بندی و معرفی برخی از روش های موجود ٦

۲-۱-مقدمه ۶

۲-۲-مروری بر روش های موجود ۶

۲-۲-۱-روش های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای ۷

۲-۲-۲-روش های مبتنی بر سنتز بافت ۲۰

۲-۲-۳-روش های مبتنی بر ضرائب فرکانسی (تبدیل موجک) ۲۶

۲-۲-۴-روش های مبتنی بر کانولوشن ۲۸

۲-۳-جمع بندی ۳۶

فصل سوم: معرفی روش های پیشنهادی ۳۸

۳-۱-مقدمه ۳۸

۳-۲-روش های پیشنهادی مبتنی بر کانولوشن ۳۸

۳-۲-۱-روش پیشنهادی اول ۳۹

۳-۲-۱-۱-فیلتر دوطرفه ۳۹

۳-۲-۱-۲-ترمیم تصویر با استفاده از فیلتر دوطرفه ۴۱

۳-۲-۲-روش پیشنهادی دوم ۴۴

۳-۲-۳-روش پیشنهادی سوم ۵۰

۳-۳-روش های دیگر ۵۳

۳-۳-۱-روش پیشنهادی چهارم: الگوریتم مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای ۵۳

۳-۳-۲-روش پیشنهادی پنجم: الگوریتم مبتنی بر فیلترهای میانه ی جهت دار ۵۷

۳-۳-۲-۱-مروری بر فیلترهای میانه ۵۷

۳-۳-۲-۲-ترمیم تصویر با استفاده از فیلترهای میانه ی جهت دار ۶۱
۳-۴-جمع بندی ۶۴
فصل چهارم: آزمایشها و نتایج ٦٥
۴-۱-مقدمه ۶۵
۴-۲-نتایج روش پیشنهادی اول ۶۹
۴-۲-۱-انتخاب پارامتر ۶۹
۴-۲-۲-تعداد تکرارها ۷۲
۴-۲-۳-مقایسه ی الگوریتم پیشنهادی با چند الگوریتم ۷۵
۴-۳-نتایج روش پیشنهادی دوم ۷۸
۴-۳-۱-محاسبه ی پایه ی نمایی ۷۸
۴-۳-۲-مقایسه با سایر الگوریتم ها ۷۹
۴-۴-نتایج روش پیشنهادی سوم ۸۳
۴-۴-۱-انتخاب پارامتر ۸۳
۴-۴-۲-مقایسه با سایر الگوریتم ها ۸۴
۴-۵-نتایج روش پیشنهادی چهارم ۸۷
۴-۶-نتایج روش پیشنهادی پنجم ۹۱
۴-۶-۱-انتخاب پارامترها ۹۱
۴-۶-۲-مقایسه با سایر الگوریتم ها ۹۳
۴-۷-مقایسه ی الگوریتم های پیشنهادی ۹۶
۴-۸-جمع بندی ونتیجه گیری ۹۹
فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادات ۱۰۲
۵-۱-جمع بندی ۱۰۲
۵-۲-پیشنهادات ۱۰۴
مراجع ۱۰٦

فهرست شکل ها

فصل اول: مقدمه و تاریخچه ۱

شکل ۱-۱: سیستم ترمیم تصویر ۴

فصل دوم: دسته بندی و معرفی برخی از روش های موجود ٦

شکل ۲-۱: جهت انتشار عمود بر مرز در الگوریتم برتالمیو ۹

شکل ۲-۲: ترمیم تصویر با استفاده از جهت انتشار عمود بر مرز در الگوریتم برتالمیو ۹

شکل ۲-۳: دسته بندی نواحی مخدوش در الگوریتم الاستیک اویلر و ترمیم بر پایه ی انحنا ۱۱

شکل ۲-۴: انتخاب همسایگی در الگوریتم تلی ۱۸

شکل ۲-۵: اصول ترمیم در الگوریتم تلی ۱۸

شکل ۲-۶: توضیح الگوریتم افروس ۲۲

شکل ۲-۷: توضیح الگوریتم کریمینیسی ۲۳

شکل ۲-۸: عملکرد الگوریتم سنتز بافت هدایت شده ۲۴

شکل ۲-۹: نحوه ی عملکرد الگوریتم های درونیاب ساختار و تخمین زننده ی بافت ۲۵

شکل ۲-۱۰: توضیح الگوریتم چن ۲۶

شکل ۲-۱۱: کرنل های الگوریتم الویرا ۲۹

شکل ۲-۱۲: کرنل های الگوریتم هدهود ۳۰

شکل ۲-۱۳: تفاوت الگوریتم الویرا و هدهود ۳۱

شکل ۲-۱۴: همسایگی در نظر گرفته شده در الگوریتم تغییرات کل ۳۲

فصل سوم: معرفی روش های جدید ۳۸

شکل ۳-۱: تشریح فیلتر دوطرفه ۴۱

شکل ۳-۲: حذف نویز با استفاده از فیلتر دوطرفه ۴۱

شکل ۳-۳: حذف نویز با استفاده از فیلتر دوطرفه ۴۱

شکل ۳-۴: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی اول ۴۴

شکل ۳-۵: مقایسه ی نمایی ها با پایه های متفاوت ۴۸
شکل ۳-۶: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی دوم ۴۸
شکل ۳-۷: حذف نویز با استفاده از روش پیشنهادی دوم ۴۹
شکل ۳-۸: حذف نویز با استفاده از روش پیشنهادی دوم ۴۹
شکل ۳-۹: هم جهت شدن ماسک ها با لبه ها در تصویر در روش پیشنهادی دوم ۵۰
شکل ۳-۱۰: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی سوم ۵۲
شکل ۳-۱۱: مقایسه ی پیدا کردن پتانسیل در دهانه موج بر با ترمیم تصویر ۵۳
شکل ۳-۱۲: سلول محاسباتی برای گسسته سازی در روش پیشنهادی چهارم ۵۵
شکل ۳-۱۳: پیشروی الگوریتم ترمیم تصویر ۵۶
شکل ۳-۱۴: نمودار بلوکی روش پیشنهادی چهارم ۵۷
شکل ۳-۱۵: نامگذاری پیکسل ها در فیلتر میانه ی جهت دار ۵۹
شکل ۳-۱۶: حذف نویز گوسی توسط فیلتر میانه ی جهت دار ۶۰
شکل ۳-۱۷: حذف نویز گوسی توسط فیلتر میانه ی جهت دار ۶۰
شکل ۳-۱۸: حذف نویز ضربه ای توسط فیلتر میانه ی جهت دار ۶۰
شکل ۳-۱۹: جهات در نظر گرفته شده برای فیلتر میانه ی جهت دار ۶۲
شکل ۳-۲۰: نحوه ی انتخاب پیکسل ها برای فیلتر میانه ی جهت دار ۶۲
شکل ۳-۲۱: نمودار بلوکی روش پیشنهادی پنجم ۶۴

فصل چهارم: آزمایش ها و نتایج ٦٥

شکل ۴-۱: تصویر کمرامن ۶۶
شکل ۴-۲: تصویر لنا ۶۶
شکل ۴-۳: تصویر باربارا ۶۷
شکل ۴-۴: تصویر مداد رنگی ۶۷
شکل ۴-۵: تصویر سیب ها ۶۸
شکل ۴-۶: تصویر آهو ۶۸

شکل ۴-۷: تصاویر مخدوش ۶۹
شکل ۴-۸: تاثیر انحراف معیار فیلتر دامنه در روش پیشنهادی اول ۷۱
شکل ۴-۹: تاثیر انحراف معیار فیلتر رنج در روش پیشنهادی اول ۷۲
شکل ۴-۱۰: تاثیر تعداد تکرارها در روش پیشنهادی اول ۷۳
شکل ۴-۱۱: تاثیر جداسازی نواحی بافت و ساختار در روش پیشنهادی اول ۷۴
شکل ۴-۱۲: بزرگ نمایی قسمت هایی از شکل ۴-۱۱ ..... ۷۵
شکل ۴-۱۳: مقایسه ی روش پیشنهادی اول با سایر الگوریتم ها ۷۶
شکل ۴-۱۴: مقایسه ی روش پیشنهادی اول با سایر الگوریتم ها ۷۷
شکل ۴-۱۵: تاثیر انتخاب پایه ی نمایی در روش پیشنهادی دوم ۷۹
شکل ۴-۱۶: مقایسه ی روش پیشنهادی دوم با سایر الگوریتم ها ۸۱
شکل ۴-۱۷: مقایسه ی روش پیشنهادی دوم با سایر الگوریتم ها ۸۲
شکل ۴-۱۸: تاثیر پارامتر α در روش پیشنهادی سوم ۸۴
شکل ۴-۱۹: مقایسه ی روش پیشنهادی سوم با سایر الگوریتم ها ۸۵
شکل ۴-۲۰: مقایسه ی روش پیشنهادی سوم با سایر الگوریتم ها ۸۷
شکل ۴-۲۱: مقایسه ی روش پیشنهادی چهارم با سایر الگوریتم ها ۸۹
شکل ۴-۲۲: مقایسه ی روش پیشنهادی چهارم با سایر الگوریتم ها ۹۰
شکل ۴-۲۳: ساختار های مستقیم و غیر مستقیم برای فیلترهای میانه ی جهت دار ۹۲
شکل ۴-۲۴: تاثیر اندازه ی پنجره در روش پیشنهادی پنجم ۹۳
شکل ۴-۲۵: مقایسه ی روش پیشنهادی پنجم با سایر الگوریتم ها ۹۴
شکل ۴-۲۶: مقایسه ی روش پیشنهادی پنجم با سایر الگوریتم ها ۹۵
شکل ۴-۲۷: مقایسه ی روش های پیشنهادی ۹۷
شکل ۴-۲۸: مقایسه ی روش های پیشنهادی ۹۸
شکل ۴-۲۹: مقایسه ی روش های پیشنهادی ۹۸

فهرست جداول

فصل چهارم ٦٥

جدول ۴-۱ مقایسه ی زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی اول با سایر الگوریتم ها..... ۷۸

جدول ۴-۲ مقایسه ی زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی دوم با سایر الگوریتم ها ۸۳

جدول ۴-۳ مقایسه ی زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی سوم با سایر الگوریتم ها..... ۸۷

جدول ۴-۴ مقایسه ی زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی چهارم با سایر الگوریتم ها ۹۱

جدول ۴-۵ مقایسه ی زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی پنجم با سایر الگوریتم ها ۹۶

جدول ۴-۶ مقایسه ی زمان اجرای الگوریتم های پیشنهادی..... ۹۹

فصل اول

مقدمه و تاریخچه

۱-۱-مقدمه

چون بخش وسیعی از میراث فرهنگی و پیشرفت های علمی جهان در هر زمان به صورت آرشیو هایی از تصاویر و فیلم ها ذخیره می شود، پردازش تصویر[1] در سال های اخیر اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. علاوه بر این پردازش تصویر یکی از زمینه های مهم مهندسی و پردازش سیگنالهای دیجیتال می باشد که در زمینه های مهمی چون بینایی ماشین[2] و مهندسی پزشکی کاربرد فراوان دارد. در گذشته برای نگهداری این اطلاعات از موادی نظیر کاغذ های مخصوص چاپ عکس و همچنین نگاتیوها و ... استفاده می شد، چون این مواد (مواد ذخیره کننده ی کلاسیک) در اثر زوال تدریجی در زمانهای طولانی کیفیت خود را از دست می دادند، امکان از دست رفتن اطلاعات ارزشمندی که در این منابع موجود بود، همواره وجود داشت. خوشبختانه با ظهور عصر دیجیتال، اکنون فیلم ها و تصاویر گسسته[3] شده (دیجیتال) می توانند به راحتی و بدون از دست دادن کیفیت کپی شوند. جنبه ی بسیار مهم دیگری از دیجیتالی شدن این است که امکان بازسازی مناسب اطلاعات از دست رفته که در گذشته هرگز ممکن نبود، به وجود آمده است. مثلاً اطلاعاتی که در همان ابتدا از منشاء فیزیکی آن تلف می شوند، اکنون می توانند به کمک الگوریتم های پیشرفته ای که در عرصه ی دیجیتال وجود دارد، به گونه ی مناسبی شبیه سازی شوند.

---

[1] Image Processing
[2] Computer Vision
[3] Digital

باتوجه به موارد گفته شده در بالا و تولید گسترده ی تصاویر دیجیتال در می یابیم که یکی از زمینه های مهم در مبحث پردازش تصویر، ترمیم تصاویر دیجیتال[۴] می باشد. ترمیم تصویر یعنی بازسازی قسمت های از دست رفته و مخدوش تصویر به گونه ای که برای بیننده ای که با تصویر اصلی آشنا نبوده قابل تشخیص نباشد. ترمیم تصویر مترادف هنری واژه ی ریاضی درونیابی تصویر[۵] است که تقریباً از دوره ی رنسانس میان نقاشان چیره دست و توانا برای بازسازی و یا روتوش نقاشی های قدیمی به صورت دستی استفاده می شده است. البته این کار امروزه هم توسط کاربران بسیاری بوسیله ی کامپیوتر و با نرم افزارهای خاصی صورت می گیرد که علاوه بر نیاز به صرف وقت و هزینه ی بالا به میزان زیادی به مهارت و سلیقه ی شخص ترمیم کننده بستگی دارد؛ بنابر دلایل مذکور، الگوریتم های ترمیم تصویر سعی کرده اند تا آنجا که ممکن است دخالت انسان در فرایند ترمیم تصویر را کاهش دهند.

بررسی های انجام شده نشان می دهند هنگام بازسازی دستی تصاویر به طور کلی سه نوع از اطلاعات پیش فرض به ما کمک می کند (به طور کلی این اطلاعات در مغز انسان ترمیم کننده وجود دارد):

۱- اطلاعات عمومی تصاویر: اطلاعاتی که در مورد همه ی انواع تصاویر به کار می رود؛ مثلاً فرض یکنواختی تصاویر، فرض انحنای کم، فرض تغییرات کم و ... .
۲- اطلاعات خاص تصویر: این نوع از اطلاعات با تحلیل تصویر مورد بررسی بدست می آید. مثلاً الگوهای بافتی[۶] که در یک تصویر خاص وجود دارد.
۳- اطلاعات خاص شئ: این نوع از اطلاعات براساس تجربه ی بینایی قبلی بیننده بدست می آید. این نوع از اطلاعات با پردازش تصویر سطح بالا در ارتباط است و به کار بردن آن ها در الگوریتم های معمولی ترمیم تصویر بسیار سخت و دشوار است. مانند بازیابی شیئی با ساختار پیچیده که در یک تصویر مخدوش شده باشد مثلاً بازسازی شاخه ی درختی که پرنده ای روی آن نشسته باشد و تمام بدن پرنده و قسمتی از شاخه از بین رفته باشد.

به طور کلی می توان فرایند ترمیم را در چهار مرحله ی زیر خلاصه نمود:

---

[4] Digital Image Inpainting
[5] Image Interpolation
[6] Textural

الف) تصویر مخدوش راهکاری برای ترمیم ناحیه ی آسیب دیده ارائه می کند.

ب) لبه ها و خطوط سطح[۷] به داخل ناحیه ی از دست رفته ادامه می یابند.

ج)نواحی مخدوش مختلف بر حسب نزدیک ترین ناحیه ی معلوم رنگ آمیزی می شوند.

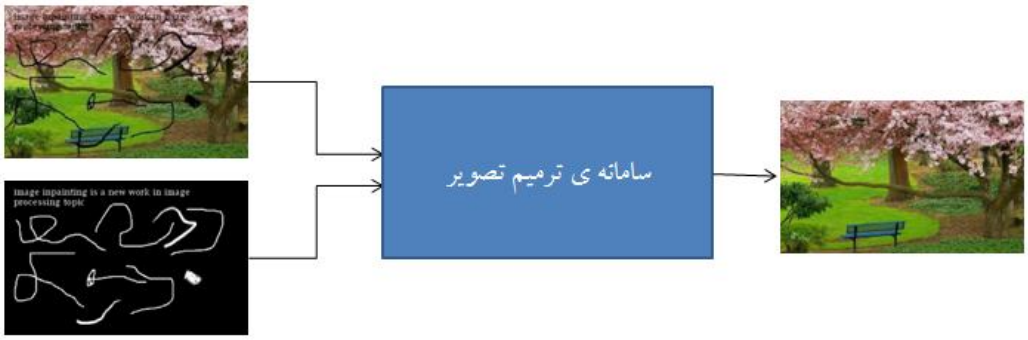
د) سرانجام جزئیات تصویر مثل بافت ها[۸] به نواحی مخدوش اضافه می شود.

از کاربردهای مهم ترمیم تصویر می توان به ترمیم تصاویر و فیلم های قدیمی، درونیابی بلوک های از دست رفته هنگام انتقال بی سیم[۹] تصاویر، بازیابی اطلاعات هنگام فشرده سازی، ترمیم اطلاعات حین کد کردن تصاویر، حذف انسدادها[۱۰]، زیر عنوان ها، زیر نویس ها، متون و تبلیغات از تصاویر و فیلم ها، به طور کلی حذف اشیاء نامطلوب از تصاویر و فیلم ها، جلوه های ویژه[۱۱] در فیلم های امروزی، بزرگ نمایی[۱۲]، رفع خطا، تغییر تفکیک پذیری[۱۳] و ... اشاره کرد.

اگرچه تعدادی از الگوریتم های نیمه اتوماتیک برای مشخص نمودن ناحیه ی مخدوش در روش های ترمیم تصویر موجود می باشد؛ اما چون روش های بررسی شده نه تنها برای حذف انسدادها، بلکه برای حذف اشیاء نامطلوب در تصویر هم به کار می رود و همچنین چون ناحیه ی مورد حذف و یا شئ نامطلوب به سلیقه ی شخص ترمیم کننده بستگی دارد، در الگوریتم های ذکر شده در این پایان نامه و کارهای انجام شده در این پایان نامه فرض می شود که ناحیه ی آسیب دیده از قبل توسط کاربر تعیین شده است. ترمیم کننده ی تصویر یک پردازنده ی دیجیتال با دو ورودی و یک خروجی به مطابق شکل ۱-۱ است که نواحی مخدوش و یا نامطلوب تصویر را حذف می کند و با قسمت های مناسب جایگزین می کند. همان طور که در شکل ۱-۱ دیده می شود، دو ورودی سیستم ترمیم کننده ی تصویر شامل تصویر مخدوش و تصویر مشخص کننده ی نواحی مخدوش (تعیین شده توسط کاربر) می باشند و خروجی این سیستم تصویر بازسازی شده می باشد.

---

[7] Level Lines
[8] Textures
[9] Wireless
[10] Disocclusion
[11] Special Effects
[12] Zooming
[13] Resolution



شکل ۱-۱: سیستم ترمیم تصویر

به طور کلی ترمیم تصویر قدمتی به اندازه ی هنر دارد، اما اصطلاح ترمیم تصویر[۱۴] اولین بار در سال ۲۰۰۰ توسط برتالمیو[۱۵] و همکارانش [۳] به جامعه ی پردازش تصویر معرفی گردید. پس از آن الگوریتم های بسیاری در این زمینه ارائه گردیده که هر یک از آن ها تلاش کرده است که این مساله را از جنبه ی متفاوتی حل کند، که در فصل دوم به برخی از آن ها اشاره خواهد شد.

۱-۲-اهداف پایان نامه

تمام الگوریتم هایی که تا کنون ارائه شده، دارای نقاط ضعف و قوتی می باشند. در میان این روش ها، دسته ای از الگوریتم ها که مبتنی بر کانولوشن[۱۶] می باشند از سرعت مناسبی برخوردار بوده، اما در لبه ها و بافت ها نتایج ضعیفی از خود به نمایش می گذارند. در این پایان نامه سعی شده است تا ضمن بالا نگه داشتن سرعت الگوریتم های مبتنی بر کانولوشن، کیفیت بینایی[۱۷] تصاویر بدست آمده از اعمال آن ها به تصاویر مخدوش ارتقا داده شود. بدین منظور در این پایان نامه سه الگوریتم جدید مبتنی بر کانولوشن ارائه گردیده که همان طور که دیده خواهد شد به این هدف نزدیک تر شده اند. علاوه بر آن، در این پایان نامه دو روش جدید دیگر برای ترمیم تصویر ارائه گردیده است که در آن ها هم تلاش شده تا علاوه بر نیل به کیفیت بینایی مطلوب، الگوریتم پیشنهادی از سرعت بالایی برخوردار باشد.

۱-۳-سازماندهی پایان نامه

[14] Image Inpainting
[15] Bertalmio
[16] Convolution
[17] Visual Quality

ساماندهی این پایان نامه به صورت زیر می باشد: در فصل دوم مروری بر روش های موجود انجام شده است. در فصل سوم پنج روش جدید ارائه گردیده که سه تا از آن ها مبتنی بر کانولوشن می باشند. یکی از آن ها بر پایه ی حل یک معادله ی دیفرانسیل پاره ای[18] می باشد و الگوریتم آخر الگوریتمی جدید است که بر اساس فیلتر های میانه ی جهت دار[19] ارائه گردیده است. فصل به آزمایش ها، نتایج و مقایسه ی نتایج الگوریتم های پیشنهاد شده با چند الگوریتم مشهور موجود در این زمینه اختصاص داده شده است. سرانجام در فصل پنجم جمع بندی و نتیجه گیری از کل پایان نامه آمده است.

[18] Partial Differential Equation (PDE)
[19] Directional Median Filters

فصل دوم

دسته بندی و معرفی برخی از روش های موجود

۲-۱-مقدمه

در این بخش از پایان نامه ابتدا روش های موجود برای ترمیم تصاویر دیجیتال را دسته بندی نموده، سپس نحوه ی عملکرد هر یک از دسته ها را به طور کلی شرح می دهیم و در نهایت به تشریح چند روش موجود از هر دسته خواهیم پرداخت.

۲-۲-مروری بر روش های موجود

به طور کلی ساختار در تصویر شامل لبه ها[۲۰] در مرزهای اشیاء و تغییرات در سایه روشن ها می شود؛ به علاوه نوسانات، الگوهای تکراری و نواحی با نویز تصادفی در تصاویر به عنوان بافت به شمار می روند. به دلیل تفاوت در ماهیت ذاتی این دو دسته از نواحی روش های مختلفی برای ترمیم تصاویر مختلف پیشنهاد شده است. به طور کلی روشهای موجود در زمینه ی ترمیم تصویر به چهار دسته ی زیر تقسیم می شوند:

۱- روش های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای (PDE).
۲- روش های مبتنی بر سنتز بافت[۲۱].
۳- روش های مبتنی بر ضرائب فرکانسی[۲۲] (تبدیل موجک).

---

[20] Edges
[21] Texture Synthesis
[22] Wavelet Based Algorithm

۴- روش های مبتنی بر کانولوشن[۲۳] (فیلتر کردن).

۲-۲-۱-روش های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای

الگوریتم های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای برای متصل کردن لبه ها، خطوط سطح و یا ناپیوستگی هایی که در مرزهای نواحی از دست رفته وجود دارند و همچنین برای بسط دادن خطوط سطح (ایزوفت[۲۴] ها) به صورت مناسب به داخل نواحی مخدوش طراحی می شوند. در این گونه از روش ها هدف برونیابی خصوصیات هندسی تصویر به ویژه لبه ها است؛ یعنی آن ها رنگ ها و اشیاء داخل نواحی مخدوش را خلق می کنند. اما اگر نواحی مخدوش بزرگ یا احاطه شده بوسیله ی بافت باشند، اکثر روش های مبتنی بر معادلات دیفرانسیل پاره ای منجر به اثرات نامطلوبی می شوند. در زیر به چند الگوریتم در این زمینه اشاره می کنیم.

در همه ی موارد مورد بحث در این پایان نامه فرض می کنیم: Ω نشان دهنده ی ناحیه ای که باید ترمیم شود و $\partial\Omega$ نشان دهنده ی مرز ناحیه ی ترمیم باشد. در [۳] برتالمیو و همکارانش روشی را ارائه کرده اند که سعی می کند خطوط سطح رسیده به $\partial\Omega$ را امتداد دهد در حالی که زاویه ی ورود را ثابت نگه دارد. یعنی آن ها تلاش می کنند که از مرزهای ناحیه ی مخدوش به داخل این ناحیه در امتداد خطوط سطح حرکت کنند در حالی که سعی می کنند از تداخل خطوط سطح یا برخورد آن ها با هم جلوگیری کنند. این الگوریتم در واقع سعی می کند همان روشی را که مغز انسان هنگام ترمیم انجام می دهد، دنبال کند، یعنی از چهار مرحله ی ذکر شده در فصل اول، گام های دوم و سوم را به خوبی اجرا می نماید. برای اجرا و قانونمند کردن الگوریتم نیاز داریم آن را به زبان ریاضی در آوریم. در این روش برتالمیو با فرض $I^0(i,j)$ به عنوان تصویر گسسته ی سطح خاکستری[۲۵] مخدوش، الگوریتم را به صورت رابطه ی (۲-۱) بیان می کند.

$$I^{n+1}(i,j) = I^n(i,j) + \Delta t I_t^n(i,j) \qquad \forall (i,j)\epsilon\Omega \qquad (۱-۲)$$

که در آن n نشان دهنده ی زمان و به عبارت دیگر تعداد تکرارهای الگوریتم، (i,j) مختصات پیکسل ها در ناحیه ی مخدوش، Δt گام زمانی یا سرعت بهبود، $I^n(i,j)$ تصویر در گام nام و

[23] Convolution Based Methods
[24] Isophote
[25] Gray Level

$I_t^n(i,j)$ مقدار به روز شده ی تصویر در گام nام می باشد. توجه کنید که این معادله فقط برای داخل ناحیه ی مخدوش به کار می رود.

همان طور که گفته شد باید خطوط رسیده به $\partial\Omega$ به صورت نرم به داخل Ω ادامه یابند. یعنی باید اطلاعات از خارج ناحیه ی مخدوش در امتداد خطوط سطح به داخل آن انتشار یابند. با فرض اینکه بخواهیم اطلاعات $L^n(i,j)$ را در امتداد جهت $\vec{N}^n(i,j)$ انتشار دهیم برتالمیو پیشنهاد کرد که جمله ی به روز شده در رابطه ی (۲-۱) از رابطه های زیر بدست آید.

$$I_t^n(i,j) = \overrightarrow{\delta L}^n(i,j).\vec{N}^n(i,j) \qquad (۲-۲)$$

$$\overrightarrow{\delta L}^n(\mathrm{i},\mathrm{j}) = [\mathrm{L}^n(\mathrm{i}+1,\mathrm{j}) - \mathrm{L}^n(\mathrm{i},\mathrm{j}), \mathrm{L}^n(\mathrm{i},\mathrm{j}+1) - \mathrm{L}^n(\mathrm{i},\mathrm{j})] \qquad (۲-۳)$$

که در آن $\overrightarrow{\delta L}^n(i,j)$ معیاری از تغییر اطلاعات در $L^n(i,j)$ است. با این معادله اطلاعات موجود در $L^n(i,j)$ در امتداد $\vec{N}^n(i,j)$ انتشار می یابند. توجه کنید که در حالت مانا جمله ی $I_t^n(i,j)$ برابر صفر شده و داریم:

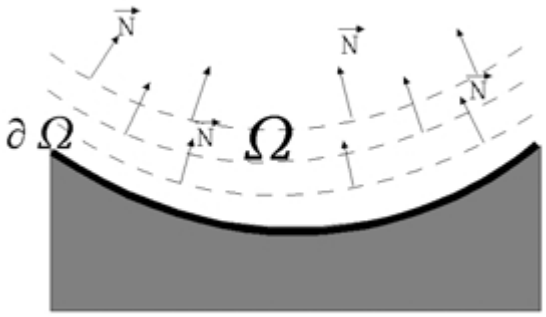
$$I^{n+1}(i,j) = I^n(i,j) \qquad (۲-۴)$$

که معنی آن این است که تمام اطلاعات $L^n(i,j)$ در امتداد $\vec{N}^n(i,j)$ انتشار یافته است. اما چون باید انتشار نرم باشد پس باید $L^n(i,j)$ یک تخمین از نرمی تصویر باشد. به منظور رسیدن به این هدف برتالمیو پیشنهاد کرد که برای جمله ی اطلاعات از لاپلاسین گسسته ی تصویر استفاده شود.

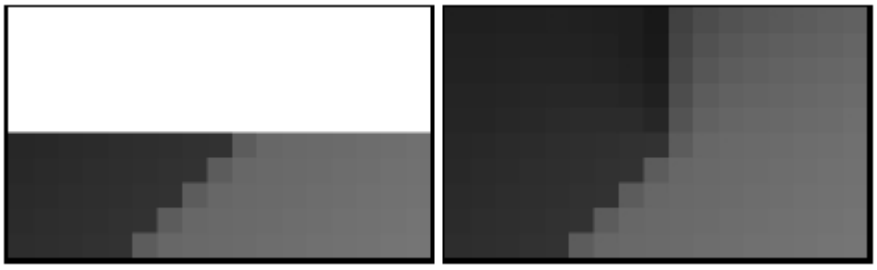
$$L^n(i,j) = I_{xx}^n(i,j) + I_{yy}^n(i,j) \qquad (۲-۵)$$

سپس برای تعیین جهت $\vec{N}$ آن ها ابتدا پیشنهاد کردند که در هر مکان $\vec{N}$ عمود بر مرز ناحیه ی مخدوش $\partial\Omega$ در نظر گرفته شود؛ یعنی برای هر پیکسل در مکان (i,j) در Ω، بردار $\vec{N}^n(i,j)$ عمود بر مرز کوچک شده (مطابق شکل ۲-۱) در نظر گرفته شود. اما بعد از پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی مشخص شد که این الگوریتم به جای امتداد دادن خطوط سطح، سعی می کند تا خطوط سطح رسیده به مرز را با بردار عمود بر منحنی مرز هم جهت کند (یعنی خطوط سطح تمایل دارند با بردار $\vec{N}$ هم جهت شوند) و چون برای شکل ناحیه ی مخدوش هیچ فرضی نشده است پس این

جهت نمی تواند جهت مناسبی برای انتشار باشد؛ همان طور که در شکل ۲-۲ می بینیم بازسازی با این روش منجر به جواب مناسبی نمی شود.



شکل ۲-۱: در نظر گرفتن جهت انتشار عمود بر مرز برای امتداد خطوط سطح.



شکل ۲-۲: ترمیم تصویر براساس الگوریتم برتالمیو که در آن جهت انتشار عمود بر مرز در نظر گرفته شده است.

چون خطوط سطح تمایل دارند با $\vec{N}$ هم جهت شوند پس بهترین انتخاب برای $\vec{N}$ جهت خطوط سطح می باشد؛ که این به نوبه خود یک مساله می باشد زیرا داشتن جهت خطوط سطح در داخل ناحیه ی ترمیم مانند داشتن خود تصویر در این ناحیه می باشد. بنابراین برتالمیو و همکاران پیشنهاد کردند تا از یک روش تخمین زننده ی متغییر با زمان برای تعیین جهت خطوط سطح استفاده شود. از آنجا که بردار گرادیان گسسته شده ی $\nabla I^n(i,j)$ جهت بزرگترین تغییرات مکانی را می دهد و در نتیجه جهت عمود بر آن $\nabla^{\perp} I^n(i,j)$ جهت کمترین تغییرات که همان جهت خطوط سطح است را بدست می دهد؛ آن ها پیشنهاد کردند که برای هر پیکسل (i,j) درون ناحیه ی Ω از رابطه ی (۲-۶) به منظور تخمین متغییر با زمان برای بدست آوردن جهت خطوط سطح استفاده شود.

$$\vec{N}^n(i,j) = \frac{\nabla^{\perp} I^n(i,j)}{|\nabla^{\perp} I^n(i,j)|} \qquad (۲-۶)$$