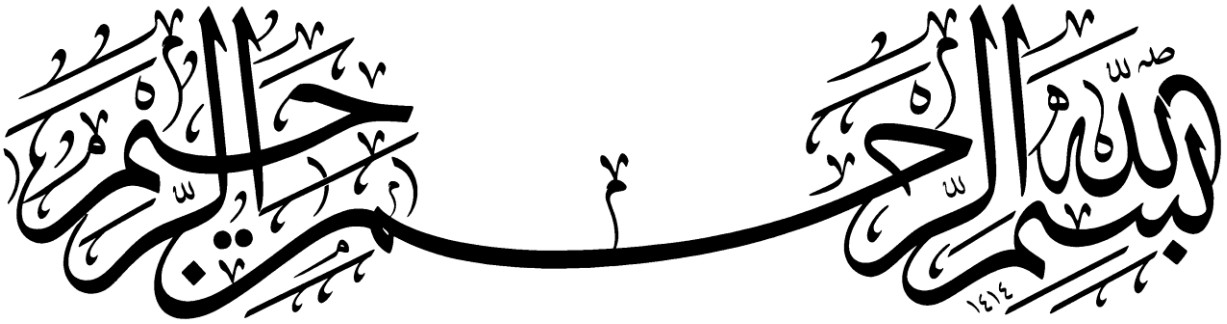

بسم الله الرحمن الرحيم
١٤١٤

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر(هوش مصنوعی)

روشی نوین برای ترمیم تصاویر بر پایه نمونه برداری

توسط

نوید عربی

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر فرشاد تاجری پور

اسفند ۹۳

به نام خدا

اظهار نامه

اینجانب نوید عربی دانشجوی رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی دانشکده‌ی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز اظهار می‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده است و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی : نوید عربی

تاریخ و امضا :

به نام خدا

روشی نوین برای ترمیم تصاویر بر پایه نمونه برداری

به کوشش

نوید عربی

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته :

مهندسی کامپیوتر - هوش مصنوعی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه :
دکتر فرشاد تاجری پور، استادیار بخش مهندسی و علوم کامپیوتر (رئیس کمیته).....
دکتر ذوالقدری جهرمی ،استاد بخش مهندسی و علوم کامپیوتر.....
خانم دکتر زهره عظیمی فر، استادیار بخش مهندسی و علوم کامپیوتر.....

اسفند ۱۳۹۳

چکیده

روشی نوین برای ترمیم تصاویر بر پایه نمونه برداری

به کوشش

نوید عربی

ترمیم تصاویر دیجیتالی به مجموعه روش هایی گفته می‌شود که برای ترمیم و یا پرکردن نواحی آسیب دیده در تصاویر از آنها استفاده می‌شود. از این روش‌ها برای حذف اشیا و اهداف دلخواه از تصاویر ،در نرم افزارهای ویرایش تصویر نیز استفاده شده است. روش های ترمیم تصویر به صورت کلی به دو گروه تقسیم می‌شوند : مبتنی بر انتشار ساختار و مبتنی بر انتشار بافت. گروه اول بر روی حفظ یکپارچگی ساختار تصویر تمرکز دارند. این روش ها امروزه کمتر به صورت مستقیم استفاده می‌شود چون در مواجه با بافت و نواحی بزرگ از دست رفته ،عملکرد خوبی نداشته و باعث اثر ماتی در ناحیه ترمیم شده می‌شوند. گروه دوم روش‌های مبتنی بر نمونه برداری می‌باشند که ایراد گروه اول را ندارند و با استفاده از نمونه های مشابه مرز ناحیه نامعلوم ، تصویر را ترمیم می‌کنند. امروزه این گروه از روش‌ها بیشتر مورد توجه بوده و این پژوهش نیز بر این گروه تمرکز دارد. در این پژوهش ابتدا چالش‌های عمومی این روش‌ها بررسی می‌شود. یکی از چالش‌های مهم این گروه ،تغییر ناپذیری وصله های موجود در تصویر در مواجه با چرخش می-باشد به این صورت که اگر در زمان جستجو و مقایسه بین وصله هدف با دیگر نمونه های تصویر اختلاف زاویه وجود داشته باشد ، الگوریتم‌های موجود موفق به یافتن این وصله‌ها نمی‌شوند. مسائل ترمیم تصویر به اطلاعات موجود در ناحیه معلوم تصویر بسیار وابسته هستند و روش ارائه شده در این پژوهش می‌تواند در تصایری که بافت در آنها در زوایای مختلف توزیع شده است نمونه های بیشتری یافته و در نهایت منجر به نتایج بهتر در ترمیم شود. روش ارائه شده در این پژوهش با الهام گرفتن از توصیف‌گر بافت دودویی محلی ارائه شده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ : مقدمه..... ۲

۱-۱- پیشگفتار..... ۲

۱-۲- مسائل معکوس و بد رفتار..... ۴

۱-۳- مسئله ترمیم تصویر..... ۶

۱-۳-۱- ترمیم تصویر مبتنی بر انتشار ساختار..... ۹

۱-۳-۲- ترمیم تصویر مبتنی بر نمونه برداری..... ۱۰

۱-۳-۳- روش های ترکیبی..... ۱۲

۱-۴- اهداف پایان نامه..... ۱۲

۱-۵- ساختار پایان نامه..... ۱۳

فصل ۲ : ترمیم تصویر مبتنی بر نمونه برداری..... ۱۶

۲-۱- پیشگفتار..... ۱۶

۲-۲- ادبیات الگوریتم های مبتنی بر نمونه برداری..... ۱۷

۲-۳- چالش های موجود در الگوریتم های مبتنی بر نمونه برداری..... ۱۹

۲-۴- بررسی کارهای انجام شده..... ۲۰

۲-۴-۱- مطالعات انجام شده در حوضه اولویت پردازش..... ۲۱

۲-۴-۲- مطالعات انجام شده در حوضه معیار فاصله ۲۴

۲-۴-۳- مطالعات انجام شده در حوضه جستجوی سریع..... ۲۷

۲-۵-بررسی تغیرات زاویه بافت بر عملکرد معیار شباهت..... ۲۸

فصل ۳ : روش پیشنهادی..... ۳۱
۳-۱- پیشگفتار..... ۳۱
۳-۲- بررسی عملکرد چند توصیف‌گر بافت در مسئله ترمیم تصویر..... ۳۳
۳-۲-۱- توصیف‌گر بافت الگوی دودویی محلی پایه (LBP)..... ۳۴
۳-۲-۲- بررسی اشکالات الگوی دودویی محلی پایه..... ۳۵
۳-۲-۳- توصیف‌گر بافت الگوی سه‌تایی محلی (LTP)..... ۳۶
۳-۲-۴- بررسی اشکالات الگوی سه‌تایی محلی..... ۳۷
۳-۲-۵- توصیف‌گر بافت الگوی دودویی محلی کامل (CLBP)..... ۳۷
۳-۳- بررسی توصیف‌گر بافت الگوی دودویی محلی کامل در مسئله ترمیم تصویر..... ۳۹
۳-۴- برچسب گذاری پیچشی بافت ۴۳
۳-۵- معیار فاصله مناسب برای مقایسه دو برچسب پیچشی..... ۴۵
۳-۵-۱- معیار فاصله همینگ..... ۴۵
۳-۶- استفاده از معیار همینگ در مقایسه برچسب های پیچشی..... ۴۵

فصل ۴ : آزمایش‌ها و نتایج..... ۴۹
۴-۱- پایگاه داده‌های مورد استفاده..... ۴۹
۴-۲- نحوه اجرای روش پیشنهادی روی پایگاه داده..... ۵۰
۴-۳- معیارهای‌ارزیابی..... ۵۱

فصل ۵ : بحث و نتیجه‌گیری..... ۵۸
۵-۱- بحث..... ۵۸
۵-۲- نتیجه‌گیری..... ۵۹
۵-۳- پیشنهادات..... ۵۹

مراجع..... ۶۰

فهرست جدول ها

عنوان و شماره **صفحه**

جدول شماره ۱ : نتایج ترمیم تصویر با روش برچسب گذاری پیچشی و معیار فاصله همینگ برای ارزیابی دیداری.....۵۳

جدول شماره ۲ : نتایج ترمیم تصویر با روش برچسب گذاری پیچشی و معیار فاصله همینگ برای ارزیابی عددی.....۵۴

جدول شماره ۳ : مقایسه نتایج ترمیم تصویر برپایه برچسب گذاری پیچشی با نتایج ترمیم بر پایه برچسب گذاری CLBP.....۵۵

جدول شماره ۴ : نتایج عددی (PNSR) تصاویر ترمیم شده جدول ۲.....۵۶

جدول شماره ۵ : میانگین کلی PNSR روش های مقایسه شده برای تمام ۱۰۰ تصویر پایگاه داده.....۵۶

فهرست تصاویر

عنوان و شماره **صفحه**

شکل شماره ۱ : چند مثال از کاربرد های متنوع ترمیم تصویر.....۳

شکل شماره ۲ : یک نمونه مفهومی از مسائل معکوس.....۶

شکل شماره ۳ : تصویر ورودی نمونه با نواحی هدف، منبع، مرز.....۷

شکل شماره ۴ : نتایج مصنوعی و باور ناپذیر در مسئله ترمیم تصویر.....۸

شکل شماره ۵ : اثر ماتی نتیجه اعمال روش مبتنی بر انتشار ساختار.....۱۰

شکل شماره ۶ : مراحل پایه ترمیم تصویر مبتنی بر نمونه برداری.....۱۱

شکل شماره ۷ : چند نمونه از سنتز بافت ۱۶

شکل شماره ۸: قسمت معلوم و نامعلوم پنجره هدف.....۱۸

شکل شماره ۹ : تفاوت دو روش ترمیم پیکسل محور و وصله محور.....۱۹

شکل شماره ۱۰: اجزاء رابطه اولویت Criminisi.....۲۲

شکل شماره ۱۱ : مقایسه گام به گام ترمیم تصویر با مدل اولویت دهی Criminisi.....۲۳

شکل شماره ۱۲ : مقایسه گام به گام ترمیم تصویر با مدل Criminisi با روش Z. Xu.....۲۴

شکل شماره ۱۳ : جستجوی بهینه با استفاده از بخش بندی تصویر.....۲۸

شکل شماره ۱۴ : چند تصویر با بافت های توزیع شده در جهات متفاوت.....۲۹

شکل شماره ۱۵ : همسو نبودن بافت های مشابه در تصاویری طبیعی.....۳۲

شکل شماره ۱۶ : تصویر طراحی شده برای آزمایش دقت چرخش ناپذیری توصیف‌گر ۳۳
شکل شماره ۱۷ : مراحل عملگر LBP ۳۵
شکل شماره ۱۸ : اثر نویز بر روی LBP ۳۶
شکل شماره ۱۹ : مثالی از عملگر LTP ۳۷
شکل شماره ۲۰ : مثالی از ایرادات افتراقی عملگر LBP ۳۸
شکل شماره ۲۱ : عملکرد CLBP در جستجوی وصله مناسب ۴۰
شکل شماره ۲۲ : از دست رفتن اطلاعات در برچسب گذاری CLBP.....۴۱
شکل شماره ۲۳ : مثالی از عملکرد نامطلوب CLBP.....۴۲
شکل شماره ۲۴ : عملکرد برچسب گذاری پیچشی.....۴۴
شکل شماره ۲۵ : عملکرد مناسب برچسب گذاری پیچشی در جستجوی وصله مشابه.....۴۶

فصل اول

مقدمه

۱ - مقدمه

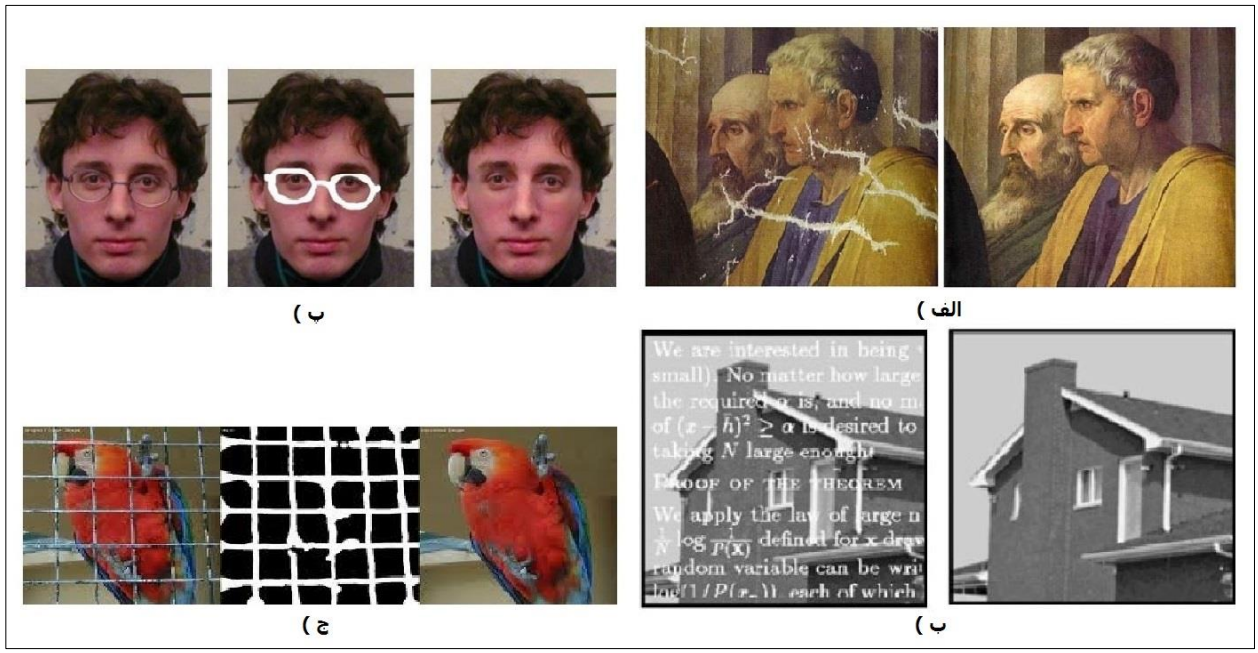
۱-۱ پیشگفتار

ترمیم تصویر[۱] عبارت است از بازیابی نواحی از دست رفته یا آسیب دیده در یک تصویر به نحوی که تصویر بدست آمده برای بیننده از نظر بصری قابل قبول و باورپذیر[۲] باشد. این حوزه پژوهشی در سال های اخیر بسیار فعال بوده و نرم افزار های کاربردی بسیاری بر اساس آن توسعه داده شده است. هرچند اولین فعالیت‌ها در این حوزه با مطالبی در [۱] شروع شده است اما اصطلاح ترمیم تصویر برای اولین بار به دلیل شباهت عملکرد آن با فرآیند مرمت آثار هنری[۳] در [۲] مطرح شده است. مسئله ترمیم تصویر یک مسئله معکوس[۴] و بد مطرح[۵] می باشد که یک راه حل منحصر به فرد خوش تعریف[۶] برای آن وجود ندارد [۳]. برای حل این مسئله معمولا از تصویر ورودی به عنوان مقدم[۷] استفاده می‌شود. در تمامی روش‌های ترمیم تصویر این فرض در نظر گرفته می‌شود که پیکسل‌های

[1] Image inpainting
[2] Visually plausible
[3] Artwork restoration
[4] Inverse problem
[5] Ill-posed problem
[6] Well-defined
[7] Prior

معلوم و نامعلوم قسمت های مختلف تصویر، خصوصیات آماری یا ساختاری مشابهی دارند به عبارت دیگر با استفاده از داده های نواحی معلوم تصویر به عنوان مقدم تصویر، می توان نواحی از دست رفته را ترمیم و بازیابی کرد. در نتیجه هدف ترمیم تصویر بازیابی یا پرکردن ناحیه از دست رفته تصور است به گونه ایی که تا حد امکان از نظر فیزیکی و دیداری برای انسان باورپذیر و قابل قبول باشد.

از کاربردهای مهم ترمیم تصویر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد : بازیابی تصاویر مخدوش شده یا پوشانده شده با یک متن ، بازیابی تصاویری که در اثر اختلال در هنگام انتقال از طریق امواج قسمتی از آنها از دست رفته است، حذف اشیاء دلخواه در ابزارهای ویرایش تصویر و موارد مشابه دیگر. مثال‌هایی از کاربرد ترمیم تصویر در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱ : چند مثال از کاربرد های متنوع ترمیم تصویر. الف) ترمیم تصویر آثار هنری مخدوش یا آسیب دیده. ب) حذف دست نوشته از روی یک تصویر. پ) حذف عینک از روی صورت در تصویر شخص. ج) حذف قفس از روی طوطی.

۱-۲ مسائل معکوس و بد مطرح

ما در زندگی روزمره خود به طور مداوم با مسائل معکوس و بد مطرح برخورد داریم و معمولا در حل آنها موثر و سریع عمل می‌کنیم. به عنوان مثال ادراک دیداری[۸] را در نظر بگیرید. اثبات شده که چشمان ما نسبت به آن چیزی که در اطراف ما می گذرد اطلاعات بصری محدود تری در هر لحظه دریافت می‌کند [۴]. پس چگونه است که ما قادر به دیدن همه چیز در اطرافمان هستیم؟ دلیل آن مغز ما می‌باشد که تصاویر اندک دریافت شده را با کمک از پیشینه‌ایی که در حافظه خود داریم، درونیابی[۹] و برونیابی[۱۰] کرده و داده‌ها را جهت درک کامل تصویر ورودی تکمیل می‌کند. واضح است که تصویر واقعی از یک صحنه فقط زمانی می‌تواند از چند نقطه اندک به طور کامل بازسازی شود که آن تصویر برای ما آشنا باشد، یعنی مثلا قبلا آن اشیاء را دیده یا لمس شان کرده باشیم. هرچند مسئله بازسازی تصویر یک شیء و محیط اطراف آن یک مسئله بد مطرح است و یک راه حل منحصر بفرد و پایدار ندارد، با این حال مغز ما قادر به حل سریع آن است و این بخاطر توانایی مغز در استفاده گسترده از تجربیات قبلی خود می‌باشد.

مسائل بد مطرح مسائلی هستند که یا راه حل در کلاس مورد نظر ندارند یا چندین (دو یا بیشتر) راه حل دارند یا روش حل آنها ناپایدار[۱۱] است [۵]. بنابراین مسئله ای که خوب تعریف نباشد را مسئله بد تعریف[۱۲] می‌گوییم. اگر یکی از دو مسئله که مکمل یکدیگر هستند ، بد تعریف باشد به آن "معکوس مسئله" و به دومی "مسئله مستقیم[۱۳]" می گوییم [۵]. در ادامه برای توضیح بهتر مسائل معکوس از یک مثال ساده استفاده می‌کنیم.

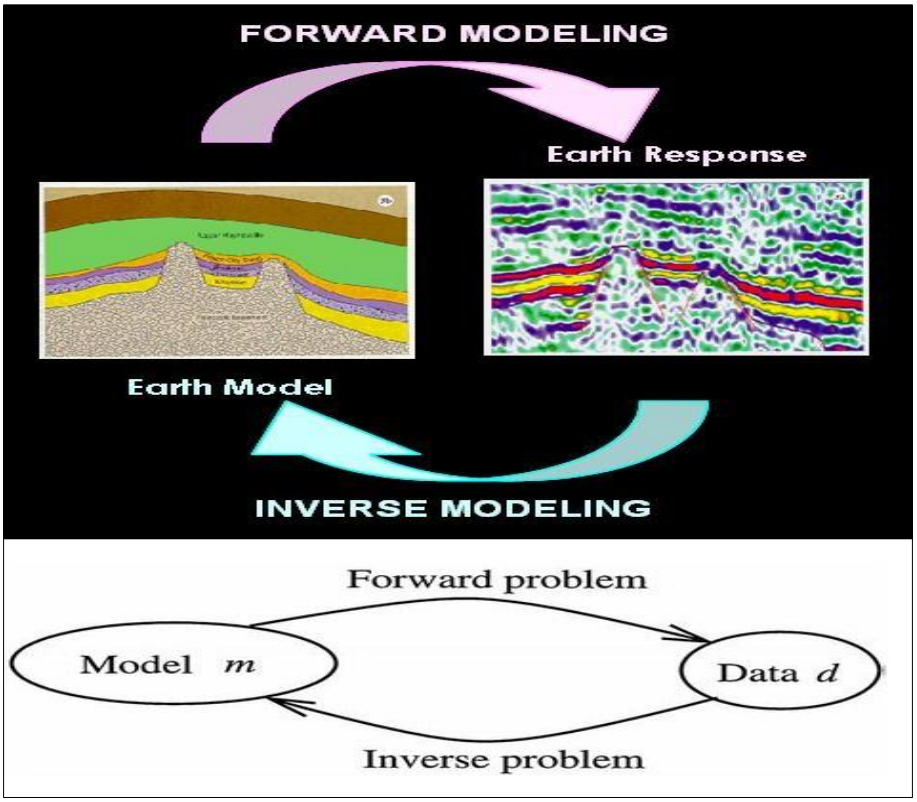
در محاسبات فیزیکی از پارامترهای یک سیستم برای پیشبینی نحوه رفتار آن سیستم استفاده می‌شود. به عنوان مثال اگر ساختار درونی یک شیء را بدانیم، حدس زدن تصویر اشعه ایکس آن تقریبا سرراست و امکان پذیر است.

[8] Visual perception
[9] Interpolation
[10] Extrapolation
[11] Unstable
[12] Ill-defined
[13] Direct problem

یک مسئله معکوس، معکوس چنین مسئله ایی است. پس مسئله معکوس این مثال عبارت است از محاسبه پارامتر های داخلی سیستم با استفاده از رفتار سیستم. در واقع با عکسبرداری متعدد از یک شیء در زوایای مختلف می‌توانیم ساختار درونی آن را حدس بزنیم. برای روشن‌تر شدن مسئله به مثال دیگری که در علم زمین‌شناسی بسیار پر کاربرد است می‌پردازیم.

اگر ساختار درونی زمین را بدانیم می‌توانیم نحوه انتشار امواج زمین لرزه را در سطح آن محاسبه و پیش‌بینی کنیم. در معکوس آن با اندازه گیری لرزه های تولید شده توسط زمین لرزه ها در نواحی مختلف (لرزه نگاری[۱۴]) می‌توانیم ساختار درونی زمین را حدس بزنیم، شکل ۲ این مسئله را نشان می‌دهد. بنابر این همانطور که در بخش مقدمه هم عنوان شد مسئله ترمیم تصویر نیز یک مسئله معکوس و بدمطرح است. در این مسئله تصویری داریم که قسمتی از آن از دست رفته یا مخدوش شده که با استفاده از قسمت های معلوم تصویر به عنوان پیشینه ، باید قسمت از دست رفته را حدس بزنیم که این مسئله معکوس است و با توجه به اینکه هیچ تابع خطایی[۱۵] برای سنجش دقت نتیجه بدست آمده نداریم لذا یک مسئله معکوس بد مطرح می‌باشد.

[14] Seismography
[15] Error function



شکل ۲ : یک نمونه مفهومی از مسئله معکوس.

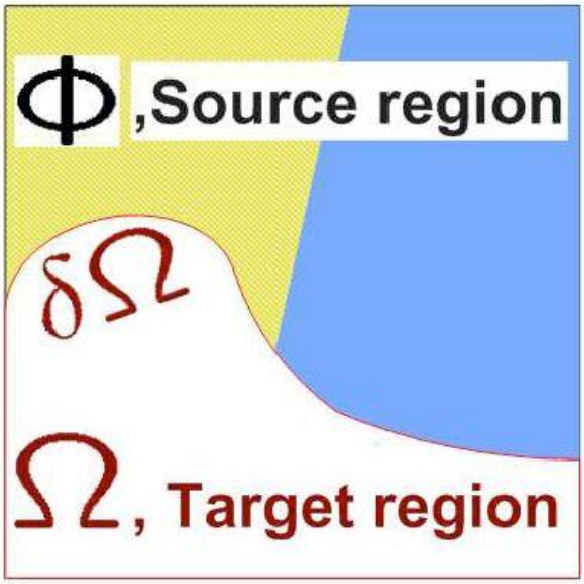
در این مسئله با نگاه کردن به نواحی معلوم تصویر قسمت از دست رفته را به گونه‌ایی بازسازی می‌کنیم که از نظر دیداری و فیزیکی برای انسان باورپذیر باشد. اما نمی‌توان گفت که نتیجه ترمیم با تصویر اصلی مطابقت می‌کند پس راه حل هر چه باشد ناپایدار است.

۳-۱ مسئله ترمیم تصویر

در مسئله ترمیم تصویر ، تصویر $I \rightarrow I(X)$ به عنوان ورودی به مدل داده می شود که در آن $X = (x, y)$ نمایانگر مختصات فضایی پیکسل p_x می باشد. در این مسئله معمولا هر کانال رنگ[۱۶] تصویر (R,G,B) تحت تاثیر

[16] Color channel

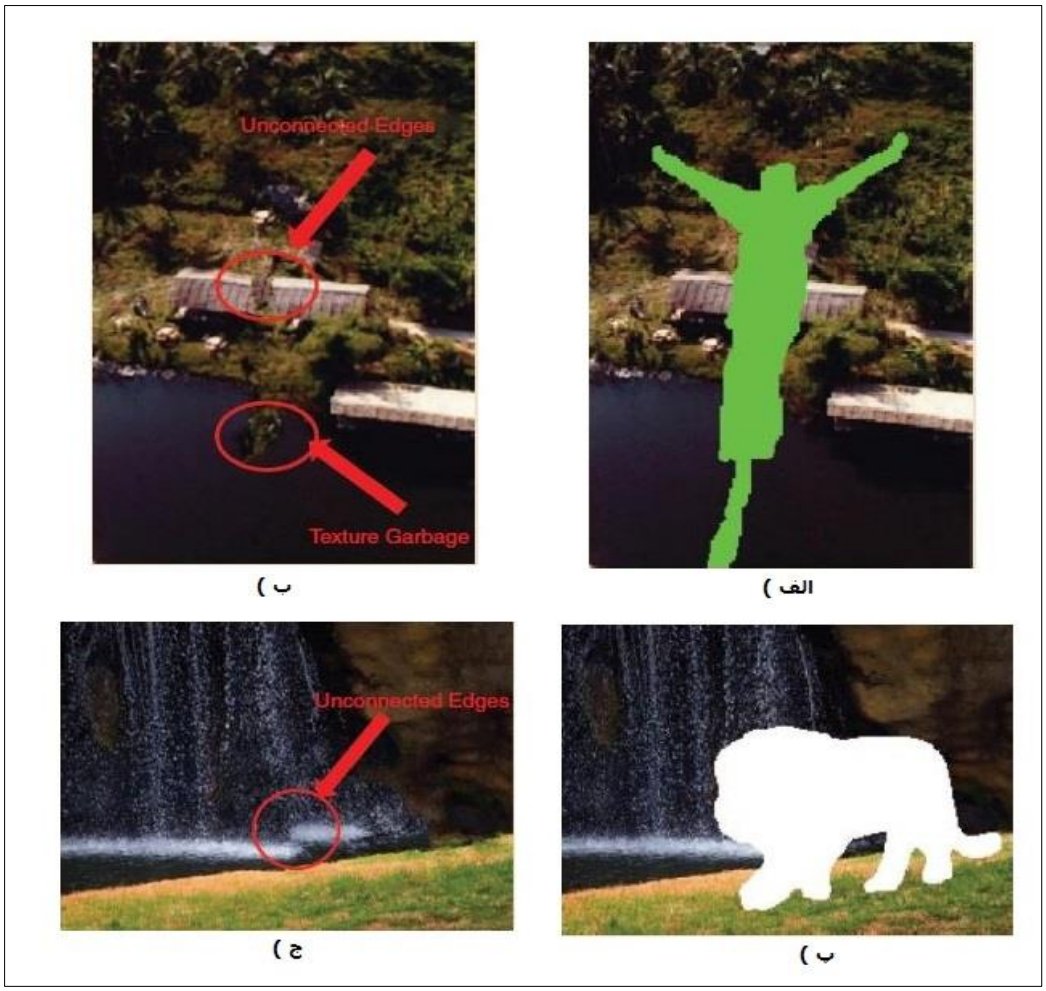
یک عملگر تخریب[17] M قرار گرفته و ناحیه $\Omega \subset I$ را به عنوان ناحیه هدف[18] یا ناحیه نامعلوم (ناحیه ایی که باید ترمیم شود) به وجود می‌آورد، $\bar{I} = MI$ نسخه تخریب شده تصویر I است که آن را به صورت $\bar{I} = \varphi \cup \Omega$ می‌توان نشان داد که در آن φ ناحیه منبع[19] یا همان پیکسل‌های معلوم تصویر را مشخص می‌کند. φ در مسئله ترمیم تصویر پیشینه قابل استفاده برای حل مسئله است. مرز بین Ω و φ را با $\delta\Omega$ نشان می دهند که در واقع لبه داخلی Ω می‌باشد. مراحل الگوریتم های ترمیم تصویر همیشه بر روی این ناحیه انجام شده و در هر مرحله از ترمیم این ناحیه به روز رسانی می‌شود. این عمل تا جایی ادامه پیدا می‌کند که تمام ناحیه هدف پیمایش شود. یک تصویر نمونه ورودی I که با عملگر تخریب $\bar{I}$ تخریب شده و نواحی Ω ، φ و $\delta\Omega$ در آن مشخص شده را در شکل ۳ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳ : تصویر ورودی که نواحی هدف ، منبع و مرز این دو ناحیه در آن به ترتیب با Ω ، φ و $\delta\Omega$ مشخص شده است.

[17] Destruction operator
[18] Target region
[19] Source region

هدف ترمیم تصویر تخمین زدن پیکسل‌های واقع در ناحیه Ω با استفاده از پیشینه موجود در ناحیه φ می‌باشد به گونه ایی که تصویر ترمیم شده از نظر چشم ناظر ،طبیعی و از نظر فیزیکی تا حد امکان باورپذیر باشد [۶]. نتایج مصنوعی و باور ناپذیر در این زمینه عبارتند از : لبه های متصل نشده[۲۰] ،اثر ماتی و قطعات ناسازگار بافت[۲۱] که اصطلاحا به آن زباله های بافتی[۲۲] نیز گفته می‌شود [۳]. این اثرات را می‌توانید در شکل ۴ مشاهده نمایید.



شکل ۴ : نتایج مصنوعی و باور ناپذیر در مسئله ترمیم تصویر. شکل ب) و ج) به ترتیب بازسازی شده تصویر الف) و ب) با روش Criminisi می باشد که در آنها لبه های متصل نشده (unconnected edge) و زباله های بافتی (texture garbage) با دایره های قرمز مشخص شده است.

[20] Unconnected edge
[21] Incompatible pieces of texture
[22] texture garbage

راه کارهایی که برای مسئله ترمیم تصویر تا کنون ارائه شده را می‌توان در دو گروه اصلی طبقه‌بندی کرد که در ادامه معرفی می‌شوند.

۱-۳-۱ ترمیم تصویر مبتنی بر انتشار ساختار

روش‌های مبتنی بر انتشار ساختار[۲۳] روش‌هایی هستند که هموار بودن[۲۴] ساختارهای تصویر در آنها به عنوان پیشینه در نظر گرفته می‌شود و سپس با استفاده از یک مدل پارامتریک[۲۵] یا با استفاده از معادلات دیفرانسیل مشتق جزئی[۲۶] (PDEs) ساختارهای محلی را از بیرون ناحیه از دست رفته به درون آن منتشر می‌کنند. مدل‌های متعددی وجود دارند که برای انتشار انحناءها[۲۷] و ساختارها[۲۸] در یک همسایگی محلی[۲۹] قابل استفاده هستند. از جمله می‌توان به مدل‌های خطی[۳۰] ،غیرخطی[۳۱] ،یکنواخت[۳۲] یا غیر یکنواخت[۳۳] اشاره کرد [۳]. این مدل ها به صورت طبیعی برای انتشار خط های مستقیم ، انحناها و به طور کلی ترمیم نواحی کوچک و باریک ساختار تصویر بسیار مناسب هستند. ولی این روش ها برای ترمیم بافت‌ها در نواحی بزرگ مناسب نبوده و باعث مات شدن ناحیه ترمیم شده می‌شوند. امروزه معمولا از این مدل‌ها برای حل مسئله ترمیم تصویر به صورت مستقیم استفاده نمی‌شود و از ترکیب آنها با روش‌های دیگر استفاده می‌کنند. یک نمونه از ترمیم با روش مبتنی بر انتشار ساختار در تصویری که ناحیه هدف بزرگی داشته است در شکل ۵ مشاهده می‌شود که این روش باعث به وجود آمدن اثر ماتی در آن شده است.

---

[23] Diffusion-based
[24] Smoothness
[25] Parametric model
[26] Partial differential equations
[27] Curvature
[28] Structures
[29] Local neighborhood
[30] Linear
[31] Nonlinear
[32] Isotropic
[33] Anisotropic

شکل ۵ : اثر ماتی نتیجه اعمال روش مبتنی بر انتشار ساختار بر روی ناحیه هدف بزرگ.

۱-۳-۲ ترمیم تصویر مبتنی بر نمونه برداری[۳۴]

روش های مبتنی بر نمونه برداری روشهایی هستند که بر اساس کارهای Efors و Leung در [۷] پایه گذاری شد. آنها از تشابهات بافتی در تصویر به عنوان فرض یا پیشینه استفاده کردند به این صورت که با استفاده از نمونه های مشابه بافت در نواحی معلوم تصویر ، قسمت از دست رفته را با در نظر گرفتن همسایگی های معلوم آنها بازسازی کردند. برای درک بهتر روش کار آنها به شکل ۶ توجه کنید. مراحل کلی ترمیم تصویر مبتنی بر نمونه برداری در این شکل مشخص شده شکل ۶ الف تصویر ورودی بوده و شکل ۶ ب تصویر تخریب شده توسط کاربر می‌باشد که در این مثال بالن موجود در تصویر را برای حذف انتخاب شده است. در این دسته از روش‌ها برای بازسازی هر وصله از نواحی تخریب شده تمام تصویر جستجو می‌شود تا شبیه ترین وصله به قسمت معلوم وصله مورد نظر پیدا شده و ترمیم شود. مراحل جستجو و جایگذاری که منجر به ترمیم تصویر تخریب شده می‌شود در شکل ۶ پ نشان داده شده است و شکل ۶ ج تصویر ترمیم شده نهایی می‌باشد.

[34] Exemplar-based