

فتوگرامتری رقومی

تناظریابی تصاویر رقومی و کاربردها

نویسندگان

دکتر محمد عبادی

استاد گروه فوئراوری و سنجش از دور

دانشکده مهندسی نقشهبرداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر امین صداقت

استادیار گروه مهندسی نقشهبرداری

دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز

سرشناسه: عبادی، حمید، ۱۳۴۳-

عنوان و نام پدیدآور: فتوگرامتری رقومی: تناظریابی تصاویر رقومی و کاربردها/ نویسندگان حمید عبادی، امین صداقت. مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۸. مشخصات ظاهری: ۴۴۰ص: مصور(رنگی)، جدول، نمودار. فروست: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ ۴۷۴.

شابک: 978-622-6655-30-9

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

عنوان دیگر: تناظریابی تصاویر رقومی و کاربردها.

موضوع: فتوگرامتری - شیوه‌های رقومی

موضوع: فتوگرامتری - هوایی

موضوع: عکس‌برداری - روش رقومی

شناسه افزوده: صداقت امین ۱۳۴۶

رده بندی کنگره: TA۵۹۳

رده بندی دیویی: ۵۲۶/۹۸۲

شماره کتابشناسی ملی: ۵۸۹۸۷۹۳

press.kntu.ac.ir

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: فتوگرامتری رقومی: تناظریابی تصاویر رقومی و کاربردها

مؤلفان: دکتر حمید عبادی و دکتر امین صداقت

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: مهر ۱۳۹۸، تهران

شمارگان: ۲۰۰ جلد

ویرایش: گروه ویراستاری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چاپ: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

صحافی: گرنامی

قیمت: ۱۰۷۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

پیشگفتار

فتوگرامتری به عنوان هنر، علم و فناوری تهیه اطلاعات کمی و کیفی از موقعیت، جهت، شکل و اندازه اشیاء از طریق اندازه گیری تصاویر اخذ شده از آنها تعریف می شود. شروع فتوگرامتری به بیش از یک قرن قبل برمی گردد و تا سال های زیادی از تصاویر آنالوگ ثبت شده بر روی فیلم و شیشه و دستگاه های بزرگ و پرهزینه نوری- مکانیکی برای استخراج اطلاعات استفاده شده است. با رقومی شدن تصاویر و ابداع رایانه ها، فتوگرامتری وارد عرصه جدیدی شده و فتوگرامتری رقومی آغاز می شود.

در فتوگرامتری رقومی بسیاری از مفاهیم و روش ها با بهره گیری از الگوریتم های پردازش تصویر و ماشین بینایی دستخوش تغییرهای اساسی شده و تحولات شگرفی در آن ایجاد شده است به طوری که علاوه بر افزایش قابل توجه کیفیت و تنوع محصولات خروجی، سطح خودکار سازی فرآیند نیز بسیار بیشتر شده است. امروزه، فتوگرامتری رقومی نقش بسیار مهمی در سامانه های اطلاعات مکانی داشته به عنوان یکی از مهم ترین و مطمئن ترین منابع تولید داده های مکانی به شمار می رود. علاوه بر این فتوگرامتری کاربردهای بسیار گسترده ای در علوم و صنایع مختلف نظیر طراحی شهری و شهرسازی، مدیریت ترافیک و حمل و نقل، تشخیص و درمان بیماری ها در پزشکی، مدیریت منابع آب، کشاورزی، جنگل داری، باستان شناسی و مرمت آثار باستانی، مدیریت بحران، ساخت و پایش سازش های عمرانی، طراحی و ساخت قطعات صنعتی، کنترل و هدایت ربات ها و پهپادها دارد.

تناظریابی تصاویر مهم ترین و کلیدی ترین فرایند در فتوگرامتری رقومی به منظور استخراج خودکار اطلاعات از آنها است. هدف از تناظریابی، تعیین مطابقت میان تصاویر اخذ شده از موقعیت های مختلف به منظور توجیه تصاویر و استخراج نقاط سبب بعدی از آنها است. فرایند تناظریابی در سال های اخیر با پیشرفت قابل توجهی همراه بوده است. هدف اصلی از تدوین این کتاب تشریح اصول، مبانی، روش ها و کاربردهای فتوگرامتری توجیه به ویژه تناظریابی تصاویر رقومی است. در این راستا انواع مختلف از روش های موجود تناظر بین تصاویر رقومی در این کتاب مورد بررسی قرار گرفته و روش های جدیدی نیز که حاصل تحقیقات جدید نویسندگان است معرفی شده است. علاوه بر این ارزیابی عملی کاملی از عملکرد الگوریتم ها در مقایسه با یکدیگر انجام شده و نتایج پیاده سازی آنها ارائه شده است. سعی بر این بوده تا مفاهیم و جزئیات الگوریتم ها به زبانی ساده و با استفاده از شکل ها و مثال های متنوع ارائه شود. این کتاب به عنوان یک منبع آموزشی برای دانشجویان و متخصصان فتوگرامتری، سنجش از دور، پردازش تصویر و ماشین بینایی قابل استفاده است.

این کتاب در ده فصل تدوین شده است. در فصل اول تعریف فتوگرامتری و تاریخچه مختصری از آن بیان شده است. در فصل دوم کلیاتی از مهم ترین مفاهیم پایه و مبانی ریاضی مورد استفاده در فتوگرامتری تشریح شده است. در فصل سوم مقدمه ای از پردازش تصویر به عنوان

مبنای بسیاری از روش‌ها و مفاهیم مورد استفاده در فتوگرامتری رقومی بیان شده است. در فصل چهارم مقدمه‌ای از فرایند تناظریابی تصاویر رقومی بیان شده و انواع روش‌های موجود و مشکلات آنها به‌طور مختصر معرفی شده است. فرایند تناظریابی ناحیه‌مبنا و انواع روش‌ها و معیارهای مختلف در این دسته نظیر ضریب همبستگی و تناظریابی کمترین مربعات در فصل پنجم مورد بررسی قرار گرفته و جزئیات پیاده‌سازی آنها تشریح شده است.

در فصل ششم انواع مختلف از الگوریتم‌های موجود به‌منظور استخراج عوارض در تصاویر رقومی در سه دسته کلی شامل عوارض نقطه‌ای، عوارض دایره‌ای و عوارض بیضی‌شکل تشریح شده و در این میان روش‌های جدیدی نیز به‌منظور کنترل کیفیت توزیع و تراکم عوارض معرفی شده است. در فصل هفتم الگوریتم‌های استخراج توصیفگر به‌منظور تعیین مطابقت عوارض در فرایند تناظریابی معرفی شده و توصیفگرهای جدیدی با بهره‌گیری از ویژگی‌های هندسی و رادیومتریکی معرفی شده است. در فصل هشتم الگوریتم‌های مقایسه عوارض برای تعیین تناظرها و حذف اشتباهات آنها بیان شده و روش‌های جدیدی نیز برای این منظور معرفی شده است. در فصل نهم این کتاب بخشی از روش‌های مطرح تناظریابی پیاده‌سازی شده و نتایج ارزیابی و مقایسه آنها در انواع مختلف از تصاویر هوایی و ماهواره‌ای تشریح شده است. در نهایت در فصل دهم مثال‌هایی عملی از کاربردهای فرایند تناظریابی در فتوگرامتری و سنجش از دور بیان شده است.

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از زحمات تمام عزیزانی که در مراحل مختلف تدوین این کتاب یاری کرده‌اند به‌ویژه استادان، دانشجوان و کارمندان محترم دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی و گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه تبریز و همچنین داوران و اعضای محترم شورای انتشارات دانشگاه که زحمات بررسی و ویرایش کتاب را بر عهده داشته‌اند، تشکر و قدردانی کنیم. باوجود تلاش و دقت سایر فراوان در بیان صحیح و روشن مطالب کتاب، بی‌شک این کتاب به‌عنوان یک اثر علمی بدون نقص و اشتباه نخواهد بود. از این‌رو مصرانه از خوانندگان محترم تقاضا می‌شود با پیشنهادهای اصلاحی خود موجب غنای بیشتر کتاب در چاپ‌های بعدی باشند.

دکتر حمید عبادی

دکتر امین صداقت

استاد دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

استادیار دانشگاه تبریز

ebadi@kntu.ac.ir

a.sedaghat@tabrizu.ac.ir

پاییز ۱۳۹۸

فهرست مطالب

۱- فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ تعریف فتوگرامتری	۲
۳-۱ تاریخچه فتوگرامتری	۴
۴-۱ محصولات فتوگرامتری	۵
۵-۱ تناظر یابی تصاویر و کاربردهای آن در فتوگرامتری رقومی	۷
۶-۱ انتشار کتاب	۱۰
۲- فصل دوم: مفاهیم پایه و مبانی ریاضی در فتوگرامتری	۱۱
۱-۲ تعاریف هندسی اساسی در تصویر	۱۱
۲-۲ سیستم مختصات در فتوگرامتری	۱۳
۱-۲-۲ سیستم مختصات یکس	۱۴
۲-۲-۲ سیستم مختصات دوربین	۱۶
۳-۲-۲ سیستم مختصات مدل	۱۶
۴-۲-۲ سیستم مختصات شی	۱۸
۳-۲ تبدیل‌ها	۱۸
۱-۳-۲ تبدیل‌های دوبعدی	۱۹
۱-۳-۲-۱ تبدیل متشابه	۱۹
۲-۳-۲ تبدیل افاین	۲۲
۳-۳-۲ چند جمله‌ای‌ها	۲۵
۴-۳-۲ تبدیل پروژکتیو	۲۶
۵-۳-۲ تبدیل قطعه‌ای خطی (PL)	۳۰
۶-۳-۲ تبدیل MQ	۳۱
۷-۳-۲ تبدیل TPS	۳۳
۸-۳-۲ تبدیل میانگین وزن دار (WM)	۳۵
۹-۳-۲ روند محاسبه و ارزیابی مدل‌های تبدیل دوبعدی	۳۶
۱۰-۳-۲ جمع‌بندی مدل‌های تبدیل دوبعدی	۳۸
۲-۳-۲ تبدیل‌های سه‌بعدی	۳۹
۱-۲-۳-۲ دوران سه‌بعدی	۳۹
۲-۲-۳-۲ تبدیل متشابه سه‌بعدی	۴۲
۳-۲-۳-۲ تبدیل افاین سه‌بعدی	۴۳

۴۴	۴-۲ توجیه‌های اساسی در فتوگرامتری
۴۵	۱-۴-۲ توجیه داخلی
۴۶	۲-۴-۲ توجیه خارجی
۴۷	۳-۴-۲ شرط هم‌خطی
۵۰	۴-۴-۲ شرط هم‌صفحه‌ای
۵۲	۵-۴-۲ توجیه نسبی
۵۴	۶-۴-۲ توجیه مطلق
۵۷	۷-۴-۲ ترفیع فضایی
۵۹	۸-۴-۲ تقاطع فضایی
۵۹	۹-۴-۲ روش‌های دسته‌اشعه

۳- فصل سوم: پردازش تصویر رقومی

۶۳	۱-۳ مقدمه
۶۴	۲-۳ تصویر رقومی
۶۴	۱-۲-۳ هندسه تصویر رقومی
۶۶	۲-۲-۳ رادیومتری تصویر رقومی
۶۷	۳-۲-۳ ابعاد پیکسل
۶۸	۳-۳ هیستوگرام تصویر
۷۰	۴-۳ بازسازی و بهبود تصویر
۷۱	۱-۴-۳ روش کشش خطی کنتراست
۷۲	۲-۴-۳ روش تعدیل‌سازی هیستوگرام
۷۴	۳-۴-۳ روش تصحیح گاما
۷۶	۵-۳ فیلترگذاری مکانی
۷۹	۶-۳ استخراج لبه
۸۱	۱-۶-۳ فیلترهای مبتنی بر مشتق مرتبه اول
۸۴	۲-۶-۳ فیلترهای مبتنی بر مشتق مرتبه دوم
۸۶	۷-۳ درون‌یابی درجات خاکستری
۹۱	۸-۳ عملگرهای ریخت‌شناسی
۹۴	۹-۳ تبدیل هاف

۴- فصل چهارم: مقدمه‌ای بر تناظریابی تصاویر رقومی

۹۹	۱-۴ مقدمه
۱۰۰	۲-۴ روش‌های تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۰۲	۳-۴ روش‌های تناظریابی عارضه‌مبنا

۱۰۷	۴-۴	مروری بر کاربردهای فرایند تناظریابی در فتوگرامتری و سنجش از دور
۱۰۷	۴-۴-۱	هم‌مرجع‌سازی تصویر
۱۱۱	۴-۴-۲	بازسازی سه‌بعدی مناظر
۱۱۳	۴-۴-۳	استخراج اهداف و عوارض مشخص
۱۱۴	۴-۵	چالش‌های اصلی در تناظریابی تصاویر
۱۱۴	۴-۵-۱	مشکلات استخراج عوارض
۱۱۵	۴-۵-۲	مشکلات هندسی
۱۱۵	۴-۵-۳	مشکلات تغییرهای روشیابی
۱۱۵	۴-۵-۴	مشکل دقت
۱۱۶	۴-۵-۵	دیگر مشکلات موجود در تناظریابی عوارض
۱۱۹	۵	فصل پنجم: تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۱۹	۵-۱	مقدمه
۱۱۹	۵-۲	معیارها: مقایسه
۱۲۲	۵-۲-۱	معیارهای مبتنی بر مجموع قدر مطلق اختلافات (SAD)
۱۲۴	۵-۲-۲	معیارهای مبتنی بر مجموع مربعات اختلافات (SSD)
۱۲۵	۵-۲-۳	معیار CS
۱۲۵	۵-۲-۴	معیار JD
۱۲۶	۵-۲-۵	معیار ضریب همبستگی (CC)
۱۲۶	۵-۲-۶	معیار اطلاعات متقابل (MI)
۱۲۸	۵-۲-۷	معیار Tanimoto
۱۲۹	۵-۲-۸	معیار تغییر علامت تصادفی (SSC)
۱۲۹	۵-۲-۹	معیار نسبت کمینه (MR)
۱۳۰	۵-۲-۱۰	معیار فاصله علامت افزایشی (ISD)
۱۳۰	۵-۲-۱۱	معیار واریانس نسبت درجات خاکستری (IRV)
۱۳۱	۵-۲-۱۲	مثال عملی از معیارهای مختلف تناظریابی ناحیه مبنا
۱۳۳	۵-۳	روند انجام و جزئیات تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۳۷	۵-۳-۱	شکل و ابعاد پنجره تناظریابی
۱۳۸	۵-۳-۲	وزن‌دهی در تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۳۹	۵-۳-۳	فضای جستجو در تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۴۱	۵-۳-۴	معیار پذیرش تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۴۲	۵-۳-۵	دقت زیر پیکسل در تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۴۴	۵-۳-۶	محدودیت‌های هندسی در تناظریابی ناحیه‌مبنا
۱۴۵	۵-۴	تناظریابی کمترین مربعات (LSM)

۱۵۳	۶-۱ مقدمه
۱۵۴	۶-۲ استخراج عوارض نقطه‌ای
۱۵۶	۶-۲-۱ الگوریتم Moravec
۱۵۷	۶-۲-۲ الگوریتم Hessian
۱۵۸	۶-۲-۳ الگوریتم (K & R) Kitchen & Rosenfeld
۱۵۹	۶-۲-۴ الگوریتم Harris
۱۶۴	۶-۲-۵ الگوریتم SUSAN
۱۶۶	۶-۲-۶ الگوریتم FAST
۱۶۷	۶-۲-۷ الگوریتم مبتنی بر تناسب فاز (PC)
۱۶۹	۶-۲-۸ الگوریتم CSS
۱۷۱	۶-۳ عوارض مستقل از مقیاس
۱۷۲	۶-۳-۱ تعیین مقیاس و عوارض بر مبنای تابع LoG
۱۷۶	۶-۳-۲ الگوریتم SIFT
۱۸۳	۶-۳-۳ الگوریتم‌های Harris/Laplacian
۱۸۴	۶-۳-۴ الگوریتم SURF
۱۸۷	۶-۳-۵ الگوریتم CenSurE
۱۸۸	۶-۳-۶ دیگر الگوریتم‌های مورد استفاده در استخراج عوارض مستقل از مقیاس
۱۸۹	۶-۴ عوارض مستقل از تغییر شکل افاین
۱۹۲	۶-۴-۱ الگوریتم‌های Harris/Hessian-Affine
۱۹۴	۶-۴-۲ الگوریتم‌های IBR
۱۹۷	۶-۴-۳ الگوریتم EBR
۱۹۷	۶-۴-۴ الگوریتم نواحی متمایز
۱۹۹	۶-۴-۵ الگوریتم MSER
۲۰۳	۶-۴-۶ الگوریتم ASIFT
۲۰۶	۶-۴-۷ دیگر الگوریتم‌های موجود در استخراج عوارض مستقل از تغییر شکل افاین
۲۰۷	۶-۴-۸ تعداد، تراکم و توزیع مکانی در استخراج عوارض
۲۰۷	۶-۴-۸-۱ کنترل پذیری
۲۰۹	۶-۴-۸-۲ مسئله کیفیت و توزیع عوارض در فضای مکان
۲۰۹	۶-۴-۸-۳ مسئله توزیع عوارض در فضای مقیاس
۲۱۰	۶-۴-۸-۴ الگوریتم UR-SIFT
۲۱۱	۶-۴-۹ الگوریتم AUR
۲۲۰	۶-۴-۹-۱ الگوریتم AUR-Harris
۲۲۱	۶-۴-۹-۲ الگوریتم AUR-SIFT
۲۲۲	۶-۴-۹-۳ الگوریتم AUR-MSER

۷- فصل هفتم: تناظریابی عارضه‌مبنا: ایجاد توصیفگر عوارض..... ۲۲۵

۲۲۵	۱-۷ مقدمه.....
۲۲۷	۲-۷ نرمال کردن عوارض.....
۲۲۹	۱-۲-۷ توصیفگرهای فیلترمبنا.....
۲۳۲	۲-۲-۷ توصیفگر گشتاورهای نامتغیر.....
۲۳۳	۳-۲-۷ توصیفگر تصویر چرخش.....
۲۳۴	۴-۲-۷ توصیفگر بافت شکل.....
۲۳۵	۵-۲-۷ توصیفگر SIFT و نسخه‌های آن.....
۲۳۶	۱-۵-۲-۷ تعیین جهت در الگوریتم SIFT.....
۲۳۹	۲-۵-۲-۷ توصیفگر SIFT.....
۲۴۱	۳-۲-۷ توصیفگر PCA-SIFT.....
۲۴۲	۴-۵-۲-۷ توصیفگر GLOH.....
۲۴۲	۵-۵-۲-۷ توصیفگر IG-SIFT.....
۲۴۳	۶-۵-۲-۷ توصیفگر PHED.....
۲۴۴	۷-۵-۲-۷ توصیفگر L-AIS.....
۲۴۶	۸-۵-۲-۷ توصیفگر AB-SIFT.....
۲۵۴	۶-۲-۷ توصیفگر CCH.....
۲۵۵	۷-۲-۷ توصیفگر LBP.....
۲۵۸	۸-۲-۷ توصیفگر LIOP.....
۲۵۹	۹-۲-۷ توصیفگر مبتنی بر خود شباهتی (SS).....
۲۶۲	۱۰-۲-۷ توصیفگر DOBSS.....
۲۶۵	۱۱-۲-۷ توصیفگرهای باینری.....
۲۶۵	۱-۱۱-۲-۷ توصیفگر BRIEF.....
۲۶۷	۲-۱۱-۲-۷ توصیفگر BRISK.....
۲۷۰	۱۲-۲-۷ توصیفگر خطوط.....

۸- فصل هشتم: تناظریابی عارضه‌مبنا: تعیین مطابقت عوارض و حذف اشتباهات..... ۲۷۳

۲۷۳	۱-۸ مقدمه.....
۲۷۳	۲-۸ معیار مشابهت میان توصیفگرها.....
۲۷۵	۱-۲-۸ فاصله بافرم کوادراتیک.....
۲۷۵	۲-۲-۸ فاصله نظیر.....
۲۷۵	۳-۲-۸ فاصله Kolmogorov-Smirnov.....
۲۷۶	۴-۲-۸ فاصله EMD.....

۲۷۷	۵-۲-۸ فاصله Mahalanobis
۲۷۷	۶-۲-۸ فاصله مبتنی بر رتبه
۲۷۸	۳-۸ مقایسه توصیفگرها و حذف تناظرهای اشتباه
۲۷۹	۱-۳-۸ بررسی سازگاری هندسی
۲۸۰	۱-۱-۳-۸ استفاده از یک مدل تبدیل سراسری و روش کمترین مربعات
۲۸۱	۲-۱-۳-۸ استفاده از قید هندسی اپی پولار و الگوریتم RANSAC
۲۸۵	۲-۳-۸ حذف تناظرهای اشتباه با استفاده از نسبت فواصل
۲۸۷	۳-۳-۸ روش‌های تناظریابی مبتنی بر مثلث‌بندی
۲۸۹	۴-۳-۸ تناظریابی گراف، الگوریتم GTM
۲۹۳	۵-۳-۸ حذف اشتباهات به‌صورت محلی با استفاده از خوشه‌بندی
۲۹۷	۱-۳-۸ خوشه‌بندی عوارض و پالایش خوشه‌ها
۲۹۹	۱-۳-۸ بررسی مجدد سازگاری تناظرهای حذف شده
۳۰۱	۶-۳-۸ تناظریابی مبتنی بر شبکه‌های کنترل
۳۰۲	۱-۶-۳-۸ ایجاد شبکه کنترل
۳۰۴	۲-۶-۳-۸ تناظریابی نشان‌ها
۳۰۶	۳-۶-۳-۸ انتخاب پارامترها مقادیر آستانه
۳۰۹	۴-۸ بهبود دقت تناظریابی عوارض نا هم‌راست با الگوریتم OLSM

۹- فصل نهم: پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم‌های تناظریابی

۳۱۷	۱-۹ مقدمه
۳۱۷	۱-۱-۹ تصاویر مورد استفاده
۳۲۱	۲-۱-۹ معیارهای ارزیابی
۳۲۶	۲-۹ ارزیابی الگوریتم‌های استخراج عوارض نقطه‌ای
۳۲۷	۱-۲-۹ جزئیات پیاده‌سازی الگوریتم‌های استخراج عوارض نقطه‌ای
۳۲۸	۲-۲-۹ یک مثال از الگوریتم‌های استخراج عوارض نقطه‌ای
۳۳۱	۳-۲-۹ نتایج ارزیابی عوارض نقطه‌ای در تصاویر شبیه‌سازی شده
۳۳۵	۴-۲-۹ نتایج ارزیابی عوارض نقطه‌ای در تصاویر واقعی تک‌سنسوری
۳۳۷	۵-۲-۹ ارزیابی سرعت الگوریتم‌های استخراج عوارض نقطه‌ای
۳۳۸	۶-۲-۹ خلاصه نتایج و بحث در ارزیابی عوارض نقطه‌ای
۳۳۹	۳-۹ ارزیابی الگوریتم‌های استخراج عوارض ناحیه‌ای
۳۴۱	۱-۳-۹ یک مثال از الگوریتم‌های استخراج عوارض ناحیه‌ای
۳۴۴	۲-۳-۹ نتایج ارزیابی عوارض ناحیه‌ای در تصاویر شبیه‌سازی
۳۴۶	۳-۳-۹ نتایج ارزیابی عوارض ناحیه‌ای در تصاویر واقعی تک‌سنسوری
۳۴۹	۴-۳-۹ نتایج ارزیابی عوارض ناحیه‌ای در تصاویر واقعی چند سنسوری
۳۵۲	۵-۳-۹ ارزیابی سرعت الگوریتم‌های استخراج عوارض ناحیه‌ای

۳۵۲	۶-۳-۹ خلاصه نتایج، بحث و ارزیابی الگوریتم‌های استخراج عوارض ناحیه‌ای
۳۵۳	۴-۹ ارزیابی عملکرد توصیفگرهای موضوعی
۳۵۴	۱-۴-۹ جزئیات پیاده‌سازی الگوریتم‌های ایجاد توصیفگر
۳۵۶	۲-۴-۹ نتایج ارزیابی توصیفگرها در تصاویر شبیه‌سازی شده
۳۵۸	۳-۴-۹ نتایج ارزیابی توصیفگرها در تصاویر واقعی تک‌سنسوری
۳۵۸	۴-۴-۹ نتایج ارزیابی توصیفگرها در تصاویر واقعی چند سنسوری
۳۶۱	۵-۴-۹ ارزیابی سرعت توصیفگرها
۳۶۲	۶-۴-۹ خلاصه نتایج ارزیابی توصیفگرها
۳۶۴	۵-۹ ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های مختلف در حذف اشتباهات
۳۷۲	۶-۹ ارزیابی عملکرد روش OLSM برای بهبود دقت تناظریابی
۳۷۷	۱۰-۹ فصل ۱۰: هم: مثال‌هایی از کاربردهای تناظریابی تصاویر
۳۷۷	۱-۱۰-۱ مقایسه
۳۷۷	۲-۱۰ هم مرتب‌سازی تصویر
۳۸۲	۳-۱۰ توجیه نسبی ایجاد مدل سه‌بعدی اولیه
۳۹۰	۴-۱۰ ارزیابی استتار
۳۹۴	۱-۴-۱۰ ارزیابی استتار مبتنی بر تناظریابی ناحیه‌مینا
۳۹۶	۲-۴-۱۰ پیاده‌سازی روش ارزیابی تناظریابی ناحیه‌مینا
۴۰۱	نشانه‌های اختصاری
۴۰۵	واژه‌نامه
۴۰۷	مراجع