پردازش تصویر با متلب
کاربرد در پزشکی و بیولوژی

اومر دمیرکایا
موسی هاکان اسیالی
پراسانا کی.ساهو

مهندس بهروز عبدلی
مهندس مونا تیموری

نیاز دانش

سرشناسه	:	دمیرکایا، عمر Demirkaya, Omer
عنوان و نام پدیدآور	:	**پردازش تصویر با متلب: کاربرد در پزشکی و بیولوژی** / اومر دمیرکایا، موسی هاکان اسیالی، پراساناکی، ساهو؛ مترجمین بهروز عبدلی، مونا تیموری.
مشخصات نشر	:	تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۴۳۶ ص.: مصور.
شابک	:	978-600-7724-42-2
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: Image processing with MATLAB: applications in medicine and biology, c2009.
موضوع	:	متلب
موضوع	:	سیستم‌های تصویرگیری در پزشکی
موضوع	:	پرتونگاری پزشکی – عکس‌پردازی
موضوع	:	تشخیص تصویری
موضوع	:	عکس‌پردازی – روش‌های رقمی – نرم‌افزار
موضوع	:	عکس‌پردازی – نرم‌افزار
شناسه افزوده	:	اسیالی، موسی خاقان، ۱۹۶۹م. Asyali, Musa Hakan
شناسه افزوده	:	ساهو، پراسانا Sahoo, Prasanna
شناسه افزوده	:	عبدلی، بهروز، ۱۳۶۷، مترجم
شناسه افزوده	:	تیموری، مونا، ۱۳۶۸، مترجم
رده‌بندی کنگره	:	۱۳۹۴ ۸د۹س/R۸۵۷
رده‌بندی دیویی	:	۶۱۶/۰۷۵۴
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۰۶۱۳۳۳

نیاز دانش

نام کتاب	:	**پردازش تصویر با متلب کاربرد در پزشکی و بیولوژی**
نویسندگان	:	اومر دمیرکایا / موسی هاکان اسیالی / پراسانا کی.ساهو
مترجمین	:	مهندس بهروز عبدلی / مهندس مونا تیموری
مدیر اجرایی ـ ناظر بر چاپ	:	حمیدرضا ا محمد شیرازی – محمد شمس
ناشر	:	نیاز دانش
صفحه‌آرا	:	واحد تولید انتشارات نیازدانش
نوبت چاپ	:	دوم – ۱۳۹۸
شمارگان	:	۵۰ نسخه
قیمت	:	۶۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۲-۴۲-۷۷۲۴-۶۰۰-۹۷۸ **ISBN:978-600-7724-42-2**

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیه‌ی CD) از محتویات این اثر بدون اجازهٔ کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از مادهٔ ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای مترجمین محفوظ است.

تماس با انتشارات: ۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵-۶۶۴۷۸۱۰۸-۶۶۴۷۸۱۰۶-۰۲۱

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ – ۰۹۱۲

پیش گفتار

تصویربرداری به دلیل تاثیری که بر روی پزشکی و زیست گذاشته است، توسط آکادمی ملی مهندسی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین موفقیت‌های قرن بیستم برگزیده شده است. در چند دهه اخیر، سیستم‌های تصویربرداری پزشکی در جهش کوانتومی[1] پیشرفت‌های زیادی داشته است. پیشرفت‌های اساسی در زمینه ویژگی‌هایی چون حساسیت، دقت، و سرعت بدست آوردن[2] به دست آمده است. برای نمونه اسکنرهای توموگرافی کامپیوتر (CT) چندبرشی[3]، (اخیرا ۳۲۰ برشی) امکان تجسم کل درخت کورونری، حتی پلاک‌های آترواسکلروتیک[4] درون کرونرها را با دقت و جزئیات بسیار بالا فراهم کرده است. پیشرفت‌های مشابه در مدالیته‌های تصویربرداری پزشکی دیگر مثل تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) و توموگرافی با گسیل پوزیترون[5] (PET) انجام گرفته است.

تلاش‌های مهمی در یکپارچه‌سازی مدالیته‌های مختلف انجام شده است. این سیستم‌ها، سیستم‌های هیبرید نیز نامیده می‌شوند. یکپارچه سازی اسکنرهای CT و PET پزشکان را قادر به موضعی کردن فعالیت بیوشیمیایی در بدن انسان با درجه بالایی از اطمینان ساخته است. در نتیجه‌ی پیشرفت‌های قابل توجه در تصویربرداری حیوانات کوچک، اصل تحقیقاتی جدیدی به نام تصویربرداری مولکولی به وجود آمده است که به صورت تصویربرداری فعالیت بیوشیمی یا مولکولی در یک اندام تعریف می‌شود. تصویربرداری مولکولی درون آزمایشگاه به پیشرفت‌های مطالعه ژنوم و اثر داروهای جدید کمک کرده است. با کمک تصویربرداری، امروزه زیست شناسان می‌توانند تصویر سریعی از تقریبا تمام فعالیت‌های ژنومی درون بافت بیمار تهیه کنند. از زمانی که پزشکان توانستند فرآیندهای بیوشیمایی که توسط یک بیماری آغاز می‌شود را در داخل بدن رویت کنند مدت زیادی نمی‌گذرد. تمام این موارد منجر به نوعی تغییر الگو در بهداشت و درمان شد. این امر می‌تواند فرصت طراحی داروها برای پروفایل ژنتیک فرد بیمار (یعنی داروی شخصی) را فراهم کند.

تکنیک‌های پیشرفته پردازش و تحلیل تصویر کاربرد گسترده‌ای در بیولوژی و پزشکی پیدا کرده‌اند. در زمینه پزشکی و زیست شناسی، از داده‌های تصویر در مطالعات بالینی و علمی استفاده شده است تا جزئیات مربوط به پردازش تحت بررسی را، چه پردازش بیماری باشد یا یک مسیر بیوشیمیایی، استنتاج کنند. امروزه شاید موسسات بهداشت خود به تنهایی بیشترین مقدار داده‌های تصویر را تولید

---

[1] quantum leap

[2] Acquisition speed

[3] Multislice scanner

[4] atherosclerotic plaques

[5] positron emission tomography

کنند که در تشخیص و درمان بیماران مورد استفاده قرار می‌گیرد. اطلاعات فراهم شده توسط تصاویر پزشکی امروزه بخش جدانشدنی از امر مراقبت از بیمار شده است. همانطور که تعداد تصاویر تولید شده افزایش می‌یابد، استفاده و مدیریت داده‌های تصویر تبدیل به امری دشوار برای مهندسین، دانشمندان و متخصصین پزشکی می‌شود.

دو مساله اصلی در رابطه با موضوع پردازش و تحلیل تصویر در کاربردهای پزشکی وجود دارد.

- بهبود کیفیت داده‌های تصویر تهیه شده
- استخراج اطلاعات (یعنی ویژگی) از داده‌های تصویر پزشکی به روشی موثر، دقیق و مستحکم.

تکنیک‌های تقویت تصویر مثل فیلتر نویز، کنتراست، و تقویت لبه و تکنیک‌های بازیابی تصویر[1] که بر حذف تخریب در تصاویر تمرکز می‌کنند همگی در دسته اول جای می‌گیرند؛ حال آن که روش‌های تحلیل تصویر بیشتر با مساله دوم سر و کار دارند.

با ظهور فناوری‌های تصویربرداری، اندازه برش[2] تصاویر در کاربردهای پرشکی به سرعت افزایش می‌یابد؛ از این رو مسائل انتقال و ذخیره نیز به کارهایی چالش برانگیز تبدیل می‌شوند. هدف اصلی توسعه تکنیک‌های فشرده سازی داده‌های تصویر، پرداختن به این دو مساله است.

برخلاف تصاویر تولید شده در کاربردهای صنعتی، تصاویر تولید شده در کاربردهای پزشکی و زیست شناسی پیچیده بوده و از کاربردی به کاربرد دیگر بسیار متفاوت می‌باشند. به علاوه، همانطور که تصور می‌شود زمینه پردازش و تحلیل تصویر باید مجموعه‌ای از مسائل متنوع و پیچیده را مدیریت کند. از آنجایی که این موضوع گسترده است، ما موضوعات خاصی که در زمینه پزشکی و زیست مهم به نظر می‌رسند را در نظر می‌گیریم.

برخی از مفاهیم در پردازش و تحلیل تصویر، نظری بوده و ممکن است درک آن برای مبتدیان دشوار باشد. هدف اصلی این کتاب، توضیح موضوعات پیچیده در پردازش تصویر از طریق مثال‌ها و الگوریتم‌های نرم افزار متلب است. هنگام نگارش این کتاب سعی کردیم تعادلی را بین نظریه و عمل به وجود آوریم. قصد داشتیم موضوعات را نه بسیار پیچیده و نه بسیار سطحی در نظر بگیریم تا خوانندگان از زمینه‌های مختلف بتوانند بدون دشواری از این مطالب بهره ببرند. تکنیک‌های پردازش تصویر به طور کلی موردی هستند، زیرا هر چقدر هم که بر اساس نظریه‌های ریاضی قوی به نظر برسند، برای حل مسائل خاصی بهینه و مناسب هستند. یعنی در بسیاری از کاربردها یا موقعیت‌ها قابل بکارگیری نمی‌باشند. این فقدان عمومیت اغلب دانشمندان و محققین را مجبور به متوسل شدن به روش‌های آزمون و خطا می‌کند. الگوریتم‌های ارائه شده در این کتاب به دانشمندان و محققین کمک می‌کند تا موثرترین روش‌ها برای مساله مورد نظر را پیدا کنند.

این کتاب به خوانندگان در درک مفاهیم پیشرفته از طریق الگوریتم‌های بکار رفته در مسائل دنیای واقعی در پزشکی و زیست شناسی کمک می‌کند. مثال‌ها و تمرینات هر فصل از کتاب برای استفاده به

[1] Image restoration techniques

[2] Shear size

عنوان یک کتاب متنی برای دانشجویان در سطوح کارشناسی یا بالاتر که برای اولین بار به مطالعه پردازش و تحلیل تصویر می‌پردازند، و یا یک کتاب مرجع برای محققین، دانشمندان و زیست شناسان در زمینه‌های مربوطه مناسب می‌باشد.

این کتاب علاوه بر موضوعات اساسی در پردازش و تحلیل تصویر، چند حیطه مثل فیلتر نشر غیرخطی[۱] (NDF) یا معادله دیفرانسیل جزئی[۲] (PDE) را بر اساس فیلترینگ تصویر و موضوعات نسبتا پیچیده مثل روش‌های قطعه بندی مبتنی بر مدلسازی میدان تصادفی مارکوف[۳] (MRF) پوشش می‌دهد. مدلسازی آمار و احتمال در پردازش تصویر در این کتاب نیز مورد تایید می‌باشد.

در گذشته، زمان محاسبه و تقاضای حافظه برای الگوریتم‌های سه بعدی غیرواقعی بود؛ اما با ظهور فناوری کامپیوتر (یا CPU)، زمان پردازش و نیاز به حافظه در الگوریتم‌های سه بعدی دیگر عامل بازدارنده‌ای به شمار نمی‌رود. از این رو ما در مورد کاربردهای تصاویر حجمی سه بعدی بحث کرده‌ایم. سعی کرده‌ایم تا حد امکان، تکنیک‌ها (الگوریتم‌ها) را برای حالت سه بعدی توسعه دهیم.

در نهایت مطالعه این کتاب برای هر خواننده که دارای سطح متوسطی از حساب، جبر خطی و آمار و احتمال باشد آسان خواهد بود.

محتوای این کتاب به صورت زیر خلاصه می‌شود:

فصل ۱ در مورد مدالیته‌های تصویربرداری اصلی در رادیولوژی تشخیصی بحث می‌کند که شامل CT، MRI، دوربین گاما، و سیستم‌های توموگرافی نشر تک فوتون[۴] (SPECT)، و PET می‌شود.

در فصل ۲ در مورد تکنیک‌های اصلی پردازش تصویر بحث می‌کنیم. ما تکنیک‌های پیشرفته و مفید تحلیل و پردازش تصویر را با کدها و توابع متلب ارائه کرده‌ایم. بیشتر این تکنیک‌ها در جعبه ابزار پردازش تصویر قابل دسترس نمی‌باشند؛ و از این رو منحصر به فرد هستند. برخی از این تکنیک‌ها در فصل‌های بعدی این کتاب مورد بحث قرار گرفته اند.

فصل ۳ نظریه آمار و احتمال را پوشش می‌دهد که برخی از روش‌های پردازش و تحلیل تصویر بر اساس آن‌ها ایجاد می‌شوند. این فصل خواننده را برای فصل‌های ۶ و ۷ آماده می‌کند.

فصل ۴ تبدیل فوریه دو بعدی را با مثال‌های منحصر به فرد معرفی می‌کند. همچنین به طور مختصر روش بازسازی تصویر توموگرافی، پس افکنش[۵] فیلتر شده را توضیح می‌دهیم که یکی از کاربردهای پزشکی است که تبدیل فوریه در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فصل ۵ با فیلتر انتشار غیرخطی و برخی تکنیک‌های نویززدایی تصویر مبتنی بر معادلات دیفرانسیل جزئی سر و کار دارد. این دسته اخیر از فیلترها، کاربردهای بسیاری در تصویر برداری

[1] Nonlinear diffusion filtering
[2] Partial differential equation
[3] Markov random field
[4] Single photon emission tomography
[5] back projection

پزشکی داشته است و دلیل آن عملکرد عالی در حذف نویز و حفظ تیزی لبه است.

فصل ۶ بیشتر در مورد روش‌های بخش بندی تصویر مبتنی بر شدت بحث می‌کند و تکنیک‌های آستانه را بر اساس واریانس بین کلاس، تابع کولبک[1]، و آنتروپی توضیح می‌دهد. همچنین در مورد تکنیک‌های k-means، خوشه بندی c-means فازی و تکنیک مبتنی بر مدل سازی آمیخته و کاربرد آن‌ها در بخش بندی تصویر بحث می‌کند.

فصل ۷ روش بخش بندی تصویر را بر اساس مدلسازی MRF توضیح می‌دهد. در این روش ما وابستگی فضایی شدت‌ها در یک همسایه محلی را مدل سازی می‌کنیم. چگالی شرطی شدت‌ها و مدل وابستگی محلی MRF تحت چارچوب بیزین ترکیب می‌شوند که مدل MRF به عنوان یک مقدم[2] مشاهده می‌شود. این فرمولاسیون منجر به یک برآورد تالی پسین (MAP) از تصویر واقعی می‌شود (یعنی تصویر تحت نویز و سیستم تصویربرداری تخریب نمی‌شود). ما، هم در مورد روش‌های قطعی و هم روش‌های احتمالی برآورد MAP بحث کرده ایم.

فصل ۸ مدل‌های دگردیس پذیر و کاربرد آن‌ها در بخش بندی تصویر را مورد بحث قرار می‌دهد. نظریه مدل‌های دگردیس پذیر هندسی و پارامتری پوشش داده شده اند.

فصل ۹ در مورد روش‌های بنیادی تحلیل تصویر که قابل بکارگیری در دامنه گسترده‌ای از مسائل هستند بحث می‌کند. این مدل‌ها به عنوان مثال شامل ویژگی‌های منطقه، تحلیل مرز، تحلیل انحنا و تشخیص خط و دایره با استفاده از تبدیل هو[3] هستند.

فصول ۱۰ و ۱۱و ۱۲ شامل سه کاربرد از پردازش و تحلیل تصویر هستند. از طریق این کاربردها خواننده تجربه‌ای برای حل مسائل به دست می‌آورد.

هدف اولیه ما از توسعه این کتاب به عنوان یک مرجع یا راهنما برای دانشجویان فارغ التحصیل و محققین است (یعنی متخصصینی که در زمینه کاربرد پردازش تصویر و الگوریتم‌های این زمنیه فعالیت دارند)، که می‌توانند به کتابخانه وسیعی از روش‌های پردازش تصویر دسترسی داشته باشند. در بسیاری از موارد، ایده‌های ارائه شده توسط سایرین می‌تواند نقطه شروع خوبی باشد. برای نمونه، تبادل فایل مرکزی متلب که در http://www.mathworks.com/matlsbcentral/fileexchange قابل دسترسی است منبع منحصر به فردی را برای افراد شاغل به این امر، از دانشجویان گرفته تا متخصصین ارائه می‌دهد و آن‌ها می‌توانند از انبوهی از ایده‌ها بهره مند شوند. فایل‌ها و دموهای ارائه شده به گونه‌ای هستند که می‌توان از آن‌ها کاربردهای جدی را استخراج نمود. ما به عنوان یک گروه از دانشمندان که در زمینه پردازش تصویر یا سیگنال، بیوانفورماتیک، آمار زیستی با سال‌ها تجربه کار می‌کنند معتقدیم زمان آن رسیده است که تجارب خود را با سایرین در قالب این کتاب به اشتراک بگذاریم. امیدواریم که ایده‌ها و پیاده سازی‌ها (کدهای نمونه) که ما در این کتاب ارائه می‌دهیم منبع الهامی برای محققین و دانشجویان زمینه‌های مختلف شود.

---

[1] Kullback function

[2] priori

[3] Hough transform

پس از آن که این کتاب را شروع کردیم به نظر رسید کـه قـدرت و عمـق موضـوعات پوشـش داده شده، آن را برای استفاده به عنوان یک کتاب متنی مناسب ساخت. این کتاب می‌تواند به عنـوان کتـاب متن اصلی یا تکمیلی برای دانش آموزان سال‌های آخر و دانشجویان در پردازش تصویر به کـار رود. بـه طور خاص دروس پردازش تصویر که در علوم بیوپزشکی ارائه می‌شود از ایـن کتـاب بیشـترین بهـره را می‌برند؛ چرا که بیشتر مثال‌های انتخاب شده از همین زمینه‌ها است.

گرچه این کتاب می‌تواند به عنوان یک کتاب مرجع بکار رود؛ اما ارتباط بین خواننده و کتـاب یـک طرفه است. کتاب به عنوان منبعی ایستا از اطلاعات و مثـال‌هـایی از روش‌هـای پـردازش تصـویر بـرای خوانندگان علاقه مند فراهم می‌کند. در حالی که در حالت «کتاب متنی» قصد داریم ایـن کتـاب را بـه صورت کتابی پویا در آوریم که کاربران (اساتید و دانشجویان) بتوانند با ما یعنی نویسندگان ایـن کتـاب از طریق وب سایت اختصاصی این کتاب (www.biomedimaging.org) تعامـل داشـته باشـند. در ایـن وب سایت کاربردها و نمونه‌های بیشتری را فراهم کرده ایم. در این زمینه خواهشمندیم از وب سایت ما دیدن کرده و با نظرات و پیشنهادات و ارسال و اشتراک گذاری کاربردهای نمونـه خـود مـا را در بهبـود این امر یاری نمایید.

MATLAB® علامت تجاری ثبت شده شرکت mathWorks است و در این کتـاب بـا مجـوز مـورد استفاده قرار گرفته است. برای اطلاعات در مورد این محصول لطفا با این شرکت تماس حاصل فرمایید:

شرکت mathWorks
پست الکترونیکی:
info@mathworks.com
وب: www.mathworks.com

سلب مسئولیت

الگوریتم‌های متلب، اسکریپت‌ها و داده‌های تصویر در این کتاب و وب سایت آن، به اصطلاح بـه همـین صورت که هست و بدون هیچ ضمانت فراهم شده‌اند. محققین و ناشرین هیچ تضمین یا ادعـایی در ایـن مورد که الگوریتم‌ها و اسکریپ‌ها عاری از خطا باشـند یـا دقـت، کامـل بـودن، مفیـد بـودن یـا قابلیـت دسترسی کافی فراهم می‌کنند ندارند.

این الگوریتم‌ها نباید برای حل مساله‌ای که راه حل نادرست آن ممکن اسـت منجـر بـه آسـیب بـه شخص شود استفاده شوند. شما می‌توانید از این الگوریتم‌ها به صورتی استفاده کنید که خود در معرض خطر نباشید و محققین و ناشرین کتاب هر گونه مسئولیت برای خسارات احتمالی ناشـی از اسـتفاده از الگوریتم‌ها و اسکریپت‌های این کتاب و وب سایت را از خود سلب می‌کنند.

قدردانی

از آقای دکتر ارسین بـایرام بـرای همکـاری در فصـل مـدل دگـردیس‌پـذیر و بخـش MRI در فصـل ۱ سپاسگزاریم. از آقای کوزتاس چانزتیانتونیو برای همکـاری در بخـش تومـوگرافی کـامپیوتر در فصـل ۱ قدردانی می‌گردد. همچنین از آقای ادوارد. دی کارول و جان شنایدر برای بـازنگری برخـی از فصـل‌هـا تشکر می‌نماییم.

از شرکت mathWorks برای فراهم کردن مجوز رایگان متلب در سراسر برنامه‌های کتـاب قـدردانی می‌نماییم.

در پایان محققین از مایکل اسلاتر استاد دانشگاه، اندری دیـل، دسـتیار ویـرایش، سـوزان هورتـویز، ویرایشگر پروژه، و الیس اورگانز از گروه تیلور و فرانسیس قدردانی می‌نماینـد. قطعـا چـاپ ایـن کتـاب بدون کمک این عزیزان امکان پذیر نبود.

فهرست مطالب

فصل ۱ / سیستم‌های تصویربرداری پزشکی ۱۷

۱-۱ مقدمه ۱۷

۱-۲ توموگرافی کامپیوتری ۱۹

۱-۲-۱ تصاویر Scout ۲۶

۱-۲-۲ سکانس‌های محوری ۲۷

۱-۲-۳ سکانس‌های مارپیچی ۲۷

۱-۲-۴ فلوروسکوپی CT ۲۹

۱-۲-۵ اسکنرهای CT چندبرشی ۳۰

۱-۲-۶ کیفیت تصویر ۳۲

۱-۳ تصویربرداری رزونانس مغناطیسی ۳۳

۱-۳-۱ تولید سیگنال ۳۴

۱-۳-۲ تشخیص سیگنال: رلاکسیون ۳۵

۱-۳-۳ رلاکسیون طولی ۳۵

۱-۳-۴ رلاکسیون عرضی ۳۶

۱-۳-۵ تحریک انتخابی ۳۶

۱-۳-۶ کدگذاری فضایی ۳۸

۱-۴ دوربین‌های گاما و توموگرافی انتشار تک فوتون ۴۰

۱-۴-۱ موازی ساز ۴۲

۱-۴-۲ کریستال‌ها ۴۴

۱-۴-۳ لوله‌های افزاینده فوتوالکتریک و مولفه‌های دیگر ۴۴

۱-۴-۴ حالات تهیه تصویر ۴۴

۱-۴-۴-۱ تصویربرداری دو وجهی ۴۴

۱-۴-۴-۲ تصویربرداری SPECT ۴۵

۱-۵ توموگرافی انتشار پوزیترون ۴۷

۱-۵-۱ انتشار و انهدام پوزیترون ۴۸

۱-۵-۲ تشخیص تصادم ۴۹

۱-۵-۳ تشخیص فوتون و ثبت رویداد ۴۹
۱-۵-۴ نمونه برداری محوری در PET ۵۱
۱-۵-۵ تفکیک‌پذیری فضایی در PET ۵۲
۱-۵-۶ تدریج در PET ۵۴
۱-۵-۷ نرمال سازی ۵۴
۱-۵-۸ تصحیح تضعیف ۵۵
۱-۵-۹ کمّی سازی مطلق ۵۶
۱-۵-۱۰ حالات اسکن در PET ۵۷
۱-۵-۱۱ اسکن استاتیک ۵۷
۱-۵-۱۲ اسکن دینامیک ۵۸
مسائل ۵۹
منابع ۶۰

فصل ۲ / ابزارهای اساسی برای پردازش و تحلیل تصویر ۶۱

۲-۱ مقدمه ۶۱
۲-۲ تعریف تصویر دیجیتالی ۶۲
۲-۳ انواع تصویر در متلب ۶۴
۲-۴ نمایش تصویر ۶۵
۲-۴-۱ قرار گرفتن یک تصویر دودویی (باینری) بر روی یک تصویر سطح خاکستری ۶۵
۲-۴-۲ ادغام (تلفیق) تصویر ۶۷
۲-۵ دستکاری تصویر ۶۹
۲-۵-۱ مرتب سازی (چینش) ردیف‌ها و یا ستون‌ها ۶۹
۲-۵-۲ افکنش شدت بیشینه تصاویر ۷۰
۲-۵-۳ تبدیل تصویر ۷۱
۲-۵-۴ تغییر دادن شدت تصویر ۷۱
۲-۵-۵ جایگزین کردن infها (بینهایت) و nanها (مقادیر غیر عددی) ۷۳
۲-۵-۶ متصل کردن تصاویر ۷۳
۲-۵-۷ ترسیم کردن مقادیر شدت در یک ردیف و یا ستون ۷۴
۲-۵-۸ تغییر اندازه‌ی تصاویر ۷۴
۲-۵-۸-۱ تغییر اندازه‌ی تصاویر بوسیله‌ی اتصال پیکسل ۷۵
۲-۵-۹ حاشیه‌ی داخلی (فضای خالی بین محتوا و مرز) تصویر ۷۶
۲-۵-۱۰ پیدا کردن حداقل و یا حداکثر شدت ۷۷

۲-۵-۱۱ عملگرهای محاسباتی تصویر ۷۷
۲-۵-۱۲ پردازش بلوکی تصاویر ۷۸
۲-۶ هیستوگرام تصویر ۷۸
۲-۶-۱ هیستوگرام دو بعدی ۷۹
۲-۶-۲ محاسبه‌ی یک هیستوگرام مشترک ۸۰
۲-۷ شبیه‌سازی تصویر ۸۳
۲-۷-۱ تولید تصاویر بوسیله‌ی پیکسل‌های همبسته ۸۴
۲-۷-۲ ایجاد تصاویر کروی و دیسک دایره‌ای ۸۶
۲-۷-۳ ایجاد تصاویر شش ضلعی ۸۸
۲-۷-۴ تصویر حلقوی (هلالی) ۸۸
۲-۷-۵ ایجاد کره‌های توخالی ۸۹
۲-۸ نمونه‌هایی از پردازش سه بعدی ۹۰
۲-۸-۱ برش نماهای قائم (متعامد) ۹۰
۲-۸-۲ تنظیم نسبت تصویر داده‌ای برای حجم تصاویر ۹۲
۲-۸-۳ تابع Imlook3d ۹۳
۲-۸-۴ حذف کردن ساختارهای کوچک از یک تصویر ۹۴
۲-۸-۵ محاسبه‌ی همبستگی متقابل بهنجار شده‌ی سه بعدی ۹۴
۲-۸-۶ محاسبه‌ی یک کادر محصور کننده‌ی سه بعدی ۹۶
۲-۸-۷ تشخیص ساختارها و نقاط و حجم مورد توجه در تصویر با استفاده از ایزولاین (خطوط مساوی) ۹۷
۲-۸-۷-۱ نواحی (ساختارها و نقاط) مورد توجه در تصویر ۹۷
۲-۸-۷-۲ حجم مورد توجه (مطلوب) در تصویر ۹۹
۲-۹ محاسبات مجاورتی برداری ۱۰۰
۲-۱۰ مشتق عددی در فضای تصویر ۱۰۴
۲-۱۰-۱ گرادیان تصویر ۱۰۶
۲-۱۰-۲ مشتق‌های جهت دار ۱۰۷
۲-۱۰-۳ تابع گاوسی و مشتقات آن ۱۰۸
۲-۱۰-۴ گرادیان تصاویر چند طیفی ۱۱۱
۲-۱۰-۵ ماتریس هسین ۱۱۵
۲-۱۰-۶ عملگر لاپلاس ۱۱۷
۲-۱۰-۷ کاربردهای نمونه: آشکارسازهای گوشه (گوشه‌یاب‌های تصاویر) مبتنی بر گرادیان ۱۱۸
۲-۱۰-۸ دیگر مقیاس‌های ساختاری تفاضلی برای تصاویر چند طیفی ۱۲۲
مسائل ۱۲۴
منابع ۱۲۶

فصل ۳ / نظریه احتمال برای مدلسازی تصادفی تصاویر ۱۲۷
۳-۱ مقدمه ۱۲۷
۳-۲ اندازه احتمال ۱۲۸
۳-۳ احتمال‌های شرطی و قضیه بیز ۱۳۱
۳-۴ متغیر تصادفی ۱۳۴
۳-۴-۱ تابع توزیع متغیرهای تصادفی گسسته ۱۳۵
۳-۴-۲ توابع توزیع متغیرهای تصادفی پیوسته ۱۳۷
۳-۵ گشتاور متغیرهای تصادفی ۱۳۸
۳-۵-۱ امید ریاضی متغیرهای تصادفی ۱۳۹
۳-۵-۲ واریانس متغیرهای تصادفی ۱۳۹
۳-۶ برخی از توزیع‌های احتمال متداول ۱۴۲
۳-۶-۱ توزیعات گسسته ۱۴۲
۳-۶-۱-۱ توزیع برنولی ۱۴۲
۳-۶-۱-۲ توزیع دو متغیری ۱۴۳
۳-۶-۱-۳ توزیع هندسی ۱۴۴
۳-۶-۱-۴ توزیع پوآسون ۱۴۵
۳-۶-۲ برخی از توزیع‌های پیوسته ۱۴۵
۳-۶-۲-۱ توزیع یکنواخت ۱۴۵
۳-۶-۲-۲ توزیع گاما ۱۴۷
۳-۶-۲-۳ توزیع بتا ۱۵۰
۳-۶-۲-۴ توزیع نرمال ۱۵۲
۳-۶-۲-۵ توزیع لگاریتمی نرمال ۱۵۴
۳-۶-۲-۶ توزیع گاوسی معکوس ۱۵۵
۳-۷ توزیع‌های دو متغیری ۱۵۶
۳-۷-۱ متغیرهای تصادفی گسسته دو متغیره ۱۵۶
۳-۷-۲ متغیرهای تصادفی پیوسته دو متغیره ۱۵۷
۳-۷-۳ کوواریانس متغیرهای تصادفی دو متغیره ۱۵۸
۳-۷-۴ همبستگی ۱۶۱
۳-۸ چگالی احتمال آمیخته متناهی ۱۶۳
۳-۸-۱ الگوریتم EM ۱۶۸
۳-۸-۲ برآورد پارامترها برای مدل آمیخته ۱۷۰
مسائل ۱۷۲
منابع ۱۷۴

فصل ۴ / تبدیل فوریه دوبعدی ۱۷۵

۴-۱ مقدمه ۱۷۵
۴-۲ تبدیل فرویه دوبعدی گسسته ۱۷۶
۴-۳ کاربردهای 2-D DFT در پردازش تصویر ۱۸۹
مسائل ۱۹۴
منابع ۱۹۵

فصل ۵ / فیلترینگ انتشار غیرخطی ۱۹۷

۵-۱ مقدمه ۱۹۷
۵-۲ انتشار بعنوان یک پدیده فیزیکی ۱۹۷
۵-۳ کاربرد مفهوم انتشار در فیلترینگ تصویر ۱۹۹
۵-۴ انتشار پرونا- مالک ۱۹۹
۵-۵ بهبود زوایا ۲۰۰
۵-۶ انتشار غیرخطی در مقابل خطی ۲۰۴
۵-۷ توابع انتشار ۲۰۵
۵-۸ پیاده‌سازی عددی ۲۰۶
۵-۸-۱ گسسته‌سازی چندبعدی ۲۰۸
۵-۹ پایداری عددی ۲۰۹
۵-۱۰ آستانه نویز ۲۱۰
۵-۱۱ تنظیم طرح پرونا- مالک ۲۱۱
۵-۱۱-۱ تنظیم گوسین ۲۱۱
۵-۱۱-۲ تنظیم میانگین ۲۱۲
۵-۱۱-۳ مقایسه تنظیم گوسین و میانگین ۲۱۲
۵-۱۲ روش کارکردی انرژی برای فیلترینگ انتشار ۲۱۶
۵-۱۳ انتشار مبتنی بر تغییرات کلی ۲۱۷
۵-۱۴ انتشار انحنای متوسط ۲۱۹
۵-۱۵ حرکت انحنای نامتغیر آفین ۲۲۰
۵-۱۶ انتشار آنیسوتروپیک (ناهمسانگرد) تصاویر رنگی ۲۲۲
۵-۱۶-۱ تجزیه عمودی انتشار پرونا- مالک ۲۲۴
مسائل ۲۲۶
منابع ۲۲۶

فصل ۶ / بخش بندی تصویر مبتنی بر شدت ۲۲۹

۶-۱ مقدمه ۲۲۹
۶-۲ واریانس بین کلاسی ۲۲۹
۶-۲-۱ توابع معیار معادل با BCV ۲۳۳
۶-۲-۲ BCV به‌عنوان معیار دو مودالی تصویر ۲۳۶
۶-۲-۲-۱ مقدار آستانه دو مودالی برای توزیع یکنواخت ۲۳۷
۶-۲-۲-۲ مقدار آستانه برای توزیع نرمال ۲۳۷
۶-۲-۳ پیاده‌سازی مبتنی بر تکرار BCV برای تصاویر سه مودالی ۲۳۸
۶-۳ مقدار آستانه کمینه کردن خطا ۲۴۰
۶-۴ بسط به چند آستانه‌ای ۲۴۶
۶-۵ آستانه‌دهی مبتنی بر آنتروپی ۲۴۶
۶-۵-۱ روش مبتنی بر آنتروپی تک‌بعدی ۲۴۷
۶-۵-۲ روش مبتنی بر آنتروپی دو بعدی ۲۵۱
۶-۶ بخش‌بندی تصویر با استفاده از خوشه‌بندی K-means ۲۶۳
۶-۷ بخش‌بندی تصویر با استفاده از خوشه‌بندی فازی C-means ۲۶۵
۶-۸ بخش‌بندی مبتنی بر مدل‌سازی ترکیبی ۲۶۸
مسائل ۲۸۱
منابع ۲۸۲

فصل ۷ / بخش بندی تصویر توسط مدلسازی میدان تصادفی مارکوف ۲۸۵

۷-۱ از مکانیسم‌های آماری تا ناحیه بندی تصویر ۲۸۵
۷-۲ مدلسازی میدان تصادفی مارکوف ۲۸۸
۷-۲-۱ توالی تصادفی مارکوف ۲۸۹
۷-۲-۲ میدان‌های تصادفی ۲۸۹
۷-۲-۳ سیستم‌های همسایگی (مجاورت) ۲۹۰
۷-۲-۴ خوشه‌ها ۲۹۱
۷-۲-۵ توزیع گیبس ۲۹۲
۷-۲-۶ میدان تصادفی مارکوف ۲۹۳
۷-۳ ترکیب توزیع گیبس و شرطی طبق یک چارچوب بیزی ۲۹۳
۷-۴ حالت شرطی تکراری: یک روش قطعی (غیر احتمالی) ۲۹۵
۷-۵ الگوریتم‌های تبرید شبیه‌سازی شده ۳۰۱
۷-۵-۱ الگوریتم نمونه برداری متروپلیس ۳۰۲

۷-۵-۲ نمونه برداری گیبس ۳۰۶
۷-۵-۳ نمونه برداری از یک توزیع گسسته ۳۰۶
۷-۶ بسط به تصاویر سه بعدی ۳۱۴
۷-۷ برآورد پارامتر ۳۱۵
مسائل ۳۱۵
منابع ۳۱۶

فصل ۸ / مدل‌های تغییر شکل‌پذیر ۳۱۷

۸-۱ مقدمه ۳۱۷
۸-۲ تئوری ۳۱۸
۸-۲-۱ مدل‌های تغییر شکل‌پذیر پارامتری ۳۱۸
۸-۲-۱-۱ انرژی درونی ۳۱۹
۸-۳ انرژی خارجی ۳۲۰
۸-۴ مدل‌های تغییر شکل‌پذیر هندسی ۳۲۳
۸-۴-۱ نمایش مجموعه سطح ۳۲۴
۸-۴-۲ تکامل مجموعه سطح ۳۲۷
۸-۵ متلب و مدل‌های تغییر شکل‌پذیر ۳۲۸
مسائل ۳۳۰
منابع ۳۳۰

فصل ۹ / تحلیل تصویر ۳۳۱

۹-۱ مقدمه ۳۳۱
۹-۲ مشخصه‌های ناحیه ۳۳۲
۹-۲-۱ مساحت و حجم سطح پوسته محدب ۳۳۷
۹-۳ تحلیل مرزی ۳۴۱
۹-۳-۱ منحنی‌های مرزی و نمایش پارامتری ۳۴۱
۹-۳-۲ منحنی‌های مرزی نمونه‌برداری مجدد ۳۴۲
۹-۳-۳ کانولوشن دایره‌ای ۳۴۳
۹-۳-۴ انحنا ۳۴۴
۹-۳-۵ انحراف مماسی ۳۴۷
۹-۴ تحلیل مقیاس فضایی مرزها ۳۵۰
۹-۵ برازش مستقیم حداقل مربعات بیضی‌ها بر منحنی‌های مرزی ۳۵۳

۹-۶ تبدیل Hough ۳۵۵
۹-۶-۱ شناسایی خط ۳۵۶
۹-۶-۲ تشخیص دایره ۳۶۰
مسائل ۳۷۲
منابع ۳۷۲

ضمائم

کاربرد ۱: کمی‌سازی پروتئین فلورسنت سبز- در سلول‌های زنده ProXcell ۳۷۵
کاربرد ۲: محاسبه پارامترهای عملکرد دوربین‌های گاما و سیستم SPECT ۳۸۳
کاربرد ۳: تحلیل سلولهای ایسلت با استفاده از تحلیل اتوماتیک تصویر رنگی ۴۰۱
پیوست A: نمادها ۴۰۹
پیوست B: کار با تصاویر DICOM ۴۱۳
پیوست C: تولباکس پردازش تصاویر پزشکی ۴۲۷
پیوست D: توصیف داده‌های تصویر ۴۳۱