

# پردازش دیجیتالی تصاویر

## ویراست سوم

مؤلفین:

رافائل سی، گونزالز  
ریچارد ای. وودز

مترجمین:

دکتر مجتبی لطفیزاد  
عفر هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس

مهندس امیر مسعود عمومی  
مهندس سعید میرقاسمی

# پیشگفتار

هنگامی که نوشتہ‌ای را بدون تلاش می‌توانیم بخوانیم، ناگزیر  
کوشش بسیاری در نوشن آن صرف شده است.

"انریک ژاردلین پاسلو"

این ویرایش از پردازش تصویر دیجیتال یک تجدید نظر عمدۀ کتاب است. همانند ویرایش‌های سالهای ۱۹۷۷ و ۱۹۸۷ توسط گونزالز و بینتر، و همچنین ویرایش‌های سالهای ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ توسط گونزالز و وودز، این ویرایش نسل پنجم نیز با در نظر داشتن دانشجویان و آموزش‌دهندگان آماده‌سازی شد. اهداف اصلی کتاب همچنان در خط سیر فراهم‌سازی مقدمه‌ای بر مفاهیم پایه‌ای و روش‌گذاریهایی برای پردازش تصویر دیجیتال و همچنین پدیدآوری شالوده‌ای که بتواند به عنوان پایه‌ای برای مطالعه و تحقیق بیشتر در این زمینه استفاده شود، ادامه دارد. برای نیل به این مقاصد، ما مجدداً بر روی مواد آموزشی که اعتقاد داریم، بنیادی بوده و حوزه دیدشان از کاربرد، محدود به راه حل مسائل تخصصی نیست، توجه خود را متمرکز می‌کنیم. پیچیدگی ریاضی کتاب در سطحی کاملاً در حد فهم دانشجویان سال آخر دوره لیسانس و دانشجویان سال اول فوق لیسانس که آمادگی مقدماتی را در تحلیل ریاضی، بردارها، ماتریسها، احتمالات و آمار، سیستمهای خطی، و برنامه‌نویسی کامپیوتر دارند، باقی می‌ماند. وبگاه (سایت اینترنتی) کتاب مواد آموزشی را جهت پشتیبانی از خوانندگانی که نیازمند مروری از این مواد پیش‌زمینه‌ای هستند، فراهم می‌سازد. یکی از دلایل عمدۀ که این کتاب پیشتاز جهانی در رشته خود برای بیش از ۳۰ سال بوده است،

سطحی از توجه است که ما به نیازهای آموزشی خوانندگانمان مبذول می‌داریم. ویرایش حاضر بر جامعترین بررسی که تا به حال انجام داده‌ایم، مبتنی است. این بررسی، دانشکده، دانشجویان، و خوانندگان مستقل کتاب را در ۱۳۴ موسسه آموزشی از ۳۲ کشور درگیر نموده است. یافته‌های عمدۀ (اصلی) بررسی، دلالت بر نیازهایی به شرح زیر داشت:

- یک مقدمه جامعتر (در اوایل کتاب) به ابزارهای ریاضی استفاده شده در پردازش تصویر.
- یک توضیح مبسوط از تکنیکهای پردازش هیستوگرام.
- بیان الگوریتمهای پیچیده در خلاصه‌هایی گام به گام.
- توضیح مبسوطی از همبستگی مکانی و کاتولوشن.
- مقدمه‌ای بر نظریه مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در پردازش تصویر.
- یک تجدید نظر از مواد آموزشی که با حوزه فرکانس سر و کار دارد که با اصول پایه شروع شده و نشان‌دهنده آن است که چگونه تبدیل فوریه گستته از نمونه‌برداری داده‌ها نتیجه می‌شود.
- پوشش دهی به مبحث توموگرافی محاسباتی (CT).
- روش‌سازی مفاهیم پایه‌ای در فصل موجکها.
- یک تجدیدنظر از فصل فشرده‌سازی داده‌ها تا تکنیکهای بیشتری از فشرده‌سازی ویدئو، استانداردهای به روز رسانی شده، و اترمارک‌گذاری را شامل شود.
- توسعه فصل مربوط به مورفولوژی (ریخت‌شناسی) تا بازسازی مورفولوژیکی و تجدید نظری از مورفولوژی سطح خاکستری را شامل شود.
- گسترش پوشش دهی مطالب مربوط به قطعه‌بندی تصویر تا تکنیکهای لبه‌یابی پیشرفته‌تر از قبیل الگوریتم Canny، و یک پرداخت جامعتر از آستانه‌یابی تصویر را شامل شود.
- یک به روز رسانی از فصلی که با نمایش و توصیف تصویر سر و کار دارد.
- سر راست سازی مواد آموزشی که با بازناسانی ساختاری اشیاء سر و کار دارد.

مواد آموزشی تازه و سازماندهی مجدد یافته که در ویرایش حاضر حاصل آمده، نتیجه تلاشمن در فراهم آوردن درجه معقولی از توازن بین دقت زیاد، وضوح ارائه، و یافته‌های بررسی بازار است، در حالی که به طور همزمان طول کتاب در یک سطح قابل اداره حفظ شود. تغییرات عمدۀ در این ویرایش از کتاب به شرح ذیل می‌باشند:

**فصل ۱:** تعداد کمی از شکلها به روز شده‌اند، بخش‌هایی از متن در واکنش به تغییرات فصلهای اخیر بازنویسی شده‌اند.

**فصل ۲:** تقریباً ۵۰٪ این فصل مورد تجدید نظر قرار گرفته است که شامل تصاویر جدید و توضیحات واضحتری است. تجدید نظرهای عمدۀ شامل یک بخش جدید در باره میانیابی تصویر و یک بخش جدید جامع خلاصه‌کننده ابزارهای ریاضی اصلی استفاده شده در کتاب می‌باشند. هرچند که به جای ارائه مفاهیم ریاضی «خشک» یکی بعد از دیگری، ما این فرست را مغتنم شمردیم تا در فصل ۲ تعدادی از کاربردهای پردازش تصویر را که در کل کتاب پراکنده شده بودند، بیاوریم، به عنوان مثال، مباحث میانگین‌گیری از تصویر و تفریق تصویر به این فصل انتقال داده شده تا مفهوم عملیات حسابی را روشن سازد. این امر از روندی که ما در ویرایش دوم کتاب آغاز کردیم (که تا آنجا که امکان دارد کاربردهای بیشتری را در اوایل بحث بیاوریم، نه تنها به عنوان مثالهای روشن کننده، بلکه به عنوان انگیزه‌ای برای دانشجویان)، تبعیت می‌کند.

بعد از اتمام فصل جدیداً سازماندهی شده ۲، خواننده یک فهم پایه‌ای را از چگونگی دستکاری و پردازش تصاویر دیجیتالی خواهد داشت. این سکوی محکمی است که بر روی آن بقیه کتاب ساخته می‌شود.

**فصل ۳:** تجدید نظرات عمدۀ در این فصل شامل یک بحث مشروح از همبستگی مکانی و کانولوشن، و کاربردشان در فیلترگذاری تصاویر با استفاده از نقاطهای مکانی است. ما همچنین یک تم منسجم در بررسی بازار، که متناظر مثالهای عددی برای روش‌سازی معادل‌سازی و مشخصه‌دهی هیستوگرام بود، را یافتیم. پس ما چند تا از این مثالها را جهت روش‌سازی جزئیات فنی این ابزارهای پردازشی اضافه نمودیم. پوشش دهی به مبحث مجموعه‌های فازی و کاربردشان در پردازش تصویر نیز مکرراً در این بررسی (بازار) مورد تقدّم بود. ما در این فصل یک بخش جدید در مورد مبانی نظریه مجموعه‌های فازی و کاربرد آن به تبدیل شدت روش‌سازی و فیلترگذاری مکانی (دو تا از استفاده‌های اصلی این تئوری در پردازش تصویر) گنجاندیم.

**فصل ۴:** مبحثی که ما راجع به آن بیشترین پیشنهادات و توصیه‌ها را در طی ۴ سال گذشته شنیده‌ایم، با تغییراتی سروکار دارد که در فصل ۴ از ابتدتا به ویرایش دوم انجام داده‌ایم. هدفمان در انجام آن تغییرات این بوده است که ارائه تبدیل‌فوریه و حوزه فرکانس را ساده‌سازی کنیم. بدیهی است که ما در این کار افراط کرده‌ایم و کاربران بیشمار کتاب شکایت دارند که این قسمت از مواد آموزشی بیش از اندازه سطحی است. ما این مشکل را در ویرایش موجود حل کردیم. اکنون این مواد با تبدیل‌فوریه یک متغیر پیوسته شروع شده و با به‌دست آوردن تبدیل‌فوریه‌گسسته با شروع با مفاهیم پایه نمونه‌برداری و کانولوشن به پیش می‌رود. یک محصول جانبی از این جریان این مواد آموزشی، یک نشأت‌گیری شهودی از قضیه نمونه‌برداری و پیامدهای آن می‌باشد. این مواد 1-D (یکبعدی) بعداً به مواد 2-D (دو بعدی) توسعه می‌یابد که در آن مثالهایی در جهت روش‌ساختن اثرات نمونه‌برداری بر روی تصاویر دیجیتالی، شامل الیاسینگ (همپوشانی طیفی) و الگوهای مواره (moire) به‌دست می‌دهیم. سپس مفهوم تبدیل‌فوریه‌گسسته 2D روش‌سازی شده و تعدادی از خواص مهم آن به‌دست آمده و به‌طور خلاصه بیان می‌شوند. این مفاهیم سپس به عنوان مبنای برای فیلترگذاری در حوزه فرکانس مورد استفاده قرار می‌گیرند. سرانجام ما موضوعات پیاده‌سازی از قبیل تجزیه تبدیل و به‌دست آوری یک الگوریتم تبدیل‌فوریه سریع را مورد بحث قرار می‌دهیم. در انتهای این فصل، خواننده از نمونه‌برداری توابع 1-D تا یک به‌دست آوری مبانی تبدیل‌فوریه سریع و برخی از استفاده‌های مهم آن در پردازش تصویر دیجیتال، پیش‌رفت کرده خواهد بود.

**فصل ۵:** تجدید نظر عمدۀ در این فصل عبارت از اضافه شدن بخشی است که با بازسازی تصویر از روی افکنشها، با تمرکزی بر توموگرافی محاسبه شده (CT)، سر و کار دارد. پوشش دهی به مبحث CT با یک مثال شهودی از اصول زیرین بازسازی تصاویر از افکنشها و مدلیتهای تصویربرداری گوناگون استفاده شده در عمل، شروع می‌شود. ما سپس تبدیل Radon و قضیه برش فوریه را به‌دست آورده و از آنها به عنوان مبنای برای فرمول‌بندی مفهوم پس افکنشهای فیلتر شده استفاده می‌کنیم. هر دو نوع بازسازی پرتو-موازی و پرتو-شعاعی مورد بحث واقع شده و با استفاده از چند مثال توضیح داده شده است. گنجاندن این مواد از مدت‌ها قبل مقرر شده بود و نمایانگر اضافاتی مهم به کتاب می‌باشد.

**فصل ۶:** تجدیدنظرهای این فصل به روش‌سازی ( واضح سازی) و چند تصحیح در نماد گذاری محدود شده، اما هیچ مفهوم جدیدی اضافه نشده است.

**فصل ۷:** ما نقدهای گوناگونی راجع به این حقیقت که گذر از فصلهای پیشین به موجکها برای مبتدیان دشوار می‌نماید، دریافت کرده‌ایم. در راستای تلاش برای وضوح بخشیدن به این قسمت از مواد آموزشی، چندین بخش بنیانی بازنویسی شده است.

**فصل ۸:** این فصل برای این که کاملاً به روز باشد، به طور کامل بازنویسی شده است. تکنیکهای کدگذاری جدید و پوشش‌دهی بسط داده شده به مبحث ویدئو، تجدید نظری در بخش مربوط به استانداردها، و مقدمه‌ای بر واژه مارک گذاری تصویر از جمله تغییرات عمده است. سازمان دهی جدید این فصل، دنبال نمودن مواد آموزشی را برای دانشجویانی که شروع به یاد گیری این مطالب می‌نمایند، آسانتر خواهد ساخت.

**فصل ۹:** عمده تغییرات این فصل شامل گنجاندن بخشی جدید در بازسازی مورفولوژیکی و تجدید نظر کاملی از بخش مربوط به مورفولوژی مقیاس خاکستری است. گنجاندن بازسازی مورفولوژیکی، هم برای تصاویر دودویی و هم تصاویر مقیاس خاکستری، این امر را میسر ساخت تا الگوریتمهای مورفولوژیکی پیچیده‌تر و مفیدتری نسبت به سابق پیدا آوری شود.

**فصل ۱۰:** این فصل نیز دستخوش یک تجدید نظر عمده شده است. سازمان دهی فصل به همان صورت قبل است، اما مواد آموزشی جدید مشتمل بر تأکید بیشتر بر روی اصول پایه و همچنین بحث درباره تکنیکهای قطعه‌بندی پیشرفته‌تر می‌باشد. مدل‌های لبه و همین طور خواص گرادیان، مورد بحث قرار گرفته و با تفصیل بیشتر روش‌سازی شده است. همچنین آشکارسازهای لبه Marr-Hildreth و Canny در مباحث این فصل گنجانده شده‌اند تا تکنیکهای لبه‌یابی پیشرفته‌تر را به نمایش بگذارند. بخش راجع به آستانه‌گذاری نیز بازنویسی شده تا روش Otsu (یک تکنیک آستانه‌گذاری بهینه که محبوبیت آن در طی چند سال گذشته به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است) را نیز شامل شود. ما این رویکرد را به نفع آستانه‌گذاری بهینه مبتنی بر قاعده طبقه‌بندی بیز معرفی کرده‌ایم؛ نه تنها به سبب آن که فهم و پیاده‌سازی آن آسانتر است، بلکه همچنین به این دلیل که این روش در عمل به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر به کار می‌رود. رویکرد بیز به فصل ۱۲ انتقال یافت که در آن قاعده تصمیم‌گیری بیز با تفصیل بیشتری مورد بحث قرار می‌گیرد. ما همچنین بحثی در مورد چگونگی استفاده از اطلاعات لبه جهت بهبود آستانه‌گذاری، بهمراه چند مثال آستانه‌گذاری وفقی را به متن سابق افزودیم. به استثنای توضیحات جزئی بیشتر، بخش‌های راجع به آب‌پخشانهای مورفولوژیکی و استفاده از حرکت برای قطعه‌بندی، همانند ویرایش قبلی هستند.

**فصل ۱۱:** تغییرات اصلی در این فصل شامل گنجاندن یک الگوریتم دنبال‌کننده مرز، یک بدست آوری الگوریتمی (همراه با جزئیات) جهت برآش یک چند ضلعی با محیط کمینه به یک مرز دیجیتالی و یک بخش جدید درباره ماتریسهای هم‌رخدادی<sup>۱</sup> برای توصیف بافت می‌باشد. مثالهای متعدد در بخش‌های ۱۱-۲ و ۱۱-۳ جدید هستند؛ همچنان که تمام مثالهای بخش ۱۱-۱۱ چنینند.

**فصل ۱۲:** تغییرات در این فصل مشتمل بر گنجانیدن یک بخش جدید درباره منطبق‌سازی به توسط همبستگی و همچنین آوردن یک مثال جدید در استفاده از طبقه‌بندی بیز در تشخیص نواحی مورد نظر در تصاویر چند طیفی است. این بخش درباره طبقه‌بندی ساختاری، اینک بحث را تنها به منطبق‌سازی رشته<sup>۲</sup> محدود می‌کند.

<sup>1</sup> co-occurrence matrices

<sup>2</sup> String Matching

تمام تجدید نظرات تازه ذکر شده منتج به بیش از ۴۰ تصویر جدید و متتجاوز از ۲۰۰ فقره ترسیمات خطی و جداول جدید، و بیش از ۸۰ مسأله تکلیف آموزشی جدید شده است. هر جا که مناسبت اقتضا کند، روالهای پردازشی پیچیده به صورت قالبهای گام به گام، خلاصه شده است. همچنین منابع در آخر تمام فصلها به روز رسانی شده است.

سایت اینترنتی کتاب تأسیس شده در آغاز ویرایش دوم یک موقیت بوده است و بیش از ۲۰/۰۰۰ بازدید کننده را در هر ماه جذب خود کرده است. این سایت، طراحی مجدد شده و ارتقاء یافته است که با انتشار این ویرایش مطابقت کند. برای جزئیات بیشتر در مورد ویژگیها و محتوا، بخش "سایت اینترنتی کتاب" را که به دنبال قسمت قدردانیها آمده مشاهده کنید.

این ویرایش از پردازش دیجیتالی تصویر، بازتابی از این حقیقت است که چگونه نیازهای آموزشی خوانندگانمان از سال ۲۰۰۲ تغییر کرده است. همچنان که در یک پژوهه مانند کار حاضر معمول است، پیشرفت در این زمینه بعد از توقف کار بر روی دستنویس، ادامه می‌یابد. یکی از دلایلی که چرا این کتاب، از زمانی که برای اولین بار در سال ۱۹۷۷ ظاهر شد، این چنین مورد قبول بوده است، تأکید مداوم آن بر روی مفاهیم بنیادی بوده است؛ راهکاری که در بین سایر چیزها، تلاش داشته است تا معیاری از ثبات را در یک بدنه به سرعت تکامل یابنده از دانش فراهم نماید. ما سعی نموده‌ایم که از همین اصل در آماده‌سازی این ویرایش از کتاب استفاده کنیم.

R.C.G  
R.E.W





۱۹

## فصل ۱ پردازش دیجیتالی تصاویر

- |    |                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------|
| ۲۰ | ۱-۱ پردازش دیجیتالی تصاویر چیست؟                                           |
| ۲۱ | ۲-۱ مبادی پردازش دیجیتالی تصاویر                                           |
| ۲۶ | ۳-۱ نمونه‌هایی از موارد استفاده از پردازش دیجیتالی تصویر در رشته‌های مختلف |
| ۲۶ | ۱-۳-۱ تصویربرداری اشعه گاما                                                |
| ۲۸ | ۲-۳-۱ تصویربرداری اشعه X                                                   |
| ۲۹ | ۳-۳-۱ تصویربرداری در باند ماوراء بنفش                                      |
| ۳۱ | ۴-۳-۱ تصویربرداری در باندهای مادونقرمز و مرئی                              |
| ۳۷ | ۵-۳-۱ تصویربرداری در باند مایکروویو                                        |
| ۳۹ | ۶-۳-۱ تصویر برداری در باند رادیویی                                         |
| ۴۰ | ۷-۳-۱ مثالهایی که در آنها از دیگر مدلایتهای تصویربرداری استفاده شده است    |
| ۴۵ | ۴-۱ مراحل اساسی در پردازش دیجیتال تصویر                                    |
| ۴۹ | ۵-۱ اجزای یک سیستم پردازش تصویر                                            |
| ۵۲ | خلاصه                                                                      |
| ۵۲ | مراجع و مطالعات بیشتر                                                      |

۵۷

## ۲ فصل مبانی تصویر دیجیتال

۵۸	۱-۲ اجزای قوه بینایی
۵۸	۱-۱-۲ ساختار چشم انسان
۶۰	۲-۱-۲ تشکیل تصویر در چشم
۶۱	۳-۱-۲ تطبیق و تشخیص روشنایی
۶۵	۲-۲ نور و طیف الکترومغناطیسی
۶۹	۳-۲ حسگری و اخذ تصویر
۶۹	۱-۳-۲ اخذ تصویر با استفاده از یک حسگر تکی
۷۱	۲-۳-۲ اخذ تصویر با استفاده از نوارهای حسگرها
۷۲	۳-۳-۲ اخذ تصویر با استفاده از حسگرهای آرایه‌ای
۷۳	۴-۳-۲ یک مدل شکل‌گیری تصویر ساده
۷۵	۴-۲ نمونه‌برداری و کوانتیزه‌سازی تصویر
۷۵	۱-۴-۲ مفاهیم پایه‌ای در نمونه‌برداری و کوانتیزه‌سازی
۷۷	۲-۴-۲ نمایش تصاویر دیجیتال
۸۲	۳-۴-۲ رزولوشن مکانی و رزولوشن شدت روشنایی
۸۷	۴-۴-۲ درونیابی تصویر
۹۰	۵-۲ برخی روابط پایه‌ای بین پیکسلها
۹۱	۱-۵-۲ همسایگان یک پیکسل
۹۱	۲-۵-۲ مجاورت، اتصال، مناطق، و مرزها
۹۳	۳-۵-۲ اندازه‌گیری فاصله
۹۵	۶-۲ آشنایی با ابزارهای ریاضی به کار رفته در پردازش دیجیتالی تصاویر
۹۵	۱-۶-۲ عملیات آرایه‌ای در مقابل عملیات ماتریسی
۹۶	۲-۶-۲ عملیات خطی در مقابل غیرخطی
۹۷	۳-۶-۲ عملیات حسابی
۱۰۳	۴-۶-۲ عملیات مجموعه‌ها و عملیات منطقی
۱۰۸	۵-۶-۲ عملیات مکانی
۱۱۴	۶-۶-۲ عملیات ماتریسی و برداری
۱۱۷	۷-۶-۲ تبدیلات تصویر
۱۲۰	۸-۶-۲ روشهای احتمالاتی
۱۲۲	خلاصه
۱۲۲	مراجع و معرفی کتاب برای مطالعه بیشتر

۱۲۹

## ۳ فصل تبدیلات شدت روشنایی و فیلترگذاری مکانی

۱۳۰	۱-۳ پیش‌زمینه
۱۳۰	۱-۱-۳ مبانی تبدیلات شدت روشنایی و فیلترگذاری مکانی
۱۳۲	۲-۱-۳ درباره مثالهای این فصل
۱۳۲	۲-۳ چند تابع ساده تبدیل شدت روشنایی
۱۳۳	۱-۲-۳ نگاتیو تصویر
۱۳۴	۲-۲-۳ تبدیلات لگاریتمی
۱۳۵	۳-۲-۳ تبدیلات قانون توان (گاما)
۱۳۹	۴-۲-۳ توابع تبدیل به صورت تکه‌ای خطی
۱۴۴	۳-۳ پردازش هیستوگرام

۱۴۵	متعادل‌سازی هیستوگرام	۱-۳-۳
۱۵۳	مطابقت‌دهی هیستوگرام (مشخصه‌دهی)	۲-۳-۳
۱۶۳	پردازش هیستوگرام محلی	۳-۳-۳
۱۶۴	استفاده از آمارگان هیستوگرام جهت بهسازی تصویر	۴-۳-۳
۱۶۸	مبانی فیلترگذاری مکانی	۴-۳
۱۶۹	یک فیلترگذاری مکانی	۱-۴-۳
۱۷۱	همبستگی مکانی و کانولوشن	۲-۴-۳
۱۷۵	نمایش برداری فیلترگذاری خطی	۳-۴-۳
۱۷۵	تولید نقاطهای فیلتر مکانی	۴-۴-۳
۱۷۶	فیلترهای مکانی هموارساز	۵-۳
۱۷۶	فیلترهای هموارسازی خطی	۱-۵-۳
۱۸۰	فیلترهای مرتبه-آماری (غیرخطی)	۲-۵-۳
۱۸۲	فیلترهای مکانی تیزکننده	۶-۳
۱۸۲	مطلوب پایه	۱-۶-۳
۱۸۴	استفاده از مشتق دوم جهت تیز ساختن تصویر- معرفی لابلائسین.	۲-۶-۳
۱۸۷	نقاطهای ضد تیزی و فیلترگذاری با تقویت بالا	۳-۶-۳
۱۸۹	استفاده از مشتقهای مرتبه اول جهت تیزسازی (غیرخطی) تصویر- گرادیان	۴-۶-۳
۱۹۳	ترکیب روشاهای بهسازی مکانی	۷-۳
۱۹۷	استفاده از روشاهای فازی جهت تبدیل شدت روشناهی و فیلترگذاری مکانی.	۸-۳
۱۹۷	مقدمه‌ای بر منطق فازی	۱-۸-۳
۱۹۸	اصول نظریه مجموعه‌های فازی	۲-۸-۳
۲۰۳	کاربرد مجموعه‌های فازی	۳-۸-۳
۲۱۱	استفاده از مجموعه‌های فازی جهت تبدیل شدت روشناهی	۴-۸-۳
۲۱۴	مجموعه‌های منطق فازی جهت فیلترگذاری مکانی	۵-۸-۳
۲۱۶		خلاصه

## ۴ فصل فیلترگذاری در حوزه فرکانس

۲۲۳	پیش‌زمینه	۱-۴
۲۲۴	تاریخچه‌ای مختصر از سری و تبدیل فوریه	۱-۱-۴
۲۲۴	در مورد مثالهای این فصل	۲-۱-۴
۲۲۶	مفاهیم مقدماتی	۲-۴
۲۲۶	اعداد مختلط	۱-۲-۴
۲۲۶	سری فوریه	۲-۲-۴
۲۲۷	توابع ضربه و خاصیت غربالگری آنها	۳-۲-۴
۲۲۹	تبدیل فوریه توابع یک متغیری پیوسته	۴-۲-۴
۲۳۳	کانولوشن	۵-۲-۴
۲۳۴	نمونه‌برداری و تبدیل فوریه توابع نمونه‌برداری شده	۳-۴
۲۳۵	نمونه‌برداری	۱-۳-۴
۲۳۶	تبدیل فوریه توابع نمونه‌برداری شده	۲-۳-۴
۲۳۸	قضیه نمونه‌برداری	۳-۳-۴
۲۴۱	رویه‌افتادگی فرکانسی	۴-۳-۴
۲۴۲	بازسازی (بازیابی) تابع از روی داده‌های نمونه‌برداری شده	۵-۳-۴
۲۴۴	تبدیل فوریه گسسته (DFT) یک متغیر	۴-۴

۲۴۴	به دست آوردن DFT از تبدیل پیوسته یکتابع نمونه برداری شده	۱-۴-۴
۲۴۷	رابطه بین نمونه برداری و بازه های فرکانسی	۲-۴-۴
۲۴۸	۵-۴ تعمیم به توابع دو متغیری	
۲۴۸	۱-۵-۴ ضربه دو بعدی و خاصیت غربالگری آن	
۲۵۰	۲-۵-۴ زوج تبدیل فوریه پیوسته دو بعدی	
۲۵۱	۳-۵-۴ نمونه برداری دو بعدی و قضیه نمونه برداری دو بعدی	
۲۵۲	۴-۵-۴ رویهم افتادگی فرکانسی در تصاویر	
۲۶۰	۵-۵-۴ تبدیل فوریه گسسته دو بعدی و معکوس آن	
۲۶۰	۶-۴ برخی ویژگی های تبدیل فوریه گسسته دو بعدی	
۲۶۰	۱-۶-۴ روابط بین بازه های مکانی و فرکانسی	
۲۶۱	۲-۶-۴ انتقال و دوران	
۲۶۱	۳-۶-۴ تناوب	
۲۶۳	۴-۶-۴ ویژگی تقارن	
۲۶۸	۵-۶-۴ طیف فوریه و زاویه فاز	
۲۷۳	۶-۶-۴ قضیه کانون لوشن دو بعدی	
۲۷۶	۷-۶-۴ خلاصه ای از خواص تبدیل فوریه گسسته دو بعدی	
۲۷۹	۷-۴ مبانی فیلتر گذاری در حوزه فرکانس	
۲۷۹	۱-۷-۴ مشخصه های اضافی حوزه فرکانس	
۲۸۰	۲-۷-۴ مبانی فیلتر گذاری در حوزه فرکانس	
۲۸۶	۳-۷-۴ خلاصه فیلتر گذاری در حوزه فرکانس	
۲۸۸	۴-۷-۴ تناظر بین فیلتر گذاری در حوزه های مکان و فرکانس	
۲۹۲	۸-۴ هموار سازی تصویر با استفاده از فیلتر های حوزه فرکانس	
۲۹۳	۱-۸-۴ فیلتر های پایین گذر ایده آل	
۲۹۵	۲-۸-۴ فیلتر های با توروث پایین گذر	
۲۹۹	۳-۸-۴ فیلتر های گوسی پایین گذر	
۳۰۲	۴-۸-۴ مثال های بیشتری از فیلتر گذاری پایین گذر	
۳۰۴	۹-۴ تیز سازی تصویر با استفاده از فیلتر های حوزه فرکانس	
۳۰۵	۱-۹-۴ فیلتر های بالا گذر ایده آل	
۳۰۷	۲-۹-۴ فیلتر های بالا گذر با توروث	
۳۰۸	۳-۹-۴ فیلتر های بالا گذر گوسی	
۳۰۹	۴-۹-۴ لاپلاسین در حوزه فرکانس	
۳۱۰	۵-۹-۴ نقاط گذاری غیر تیز، فیلتر گذاری تقویت بالا و فیلتر گذاری با تأکید بر (تقویت) فرکانس های بالا.	
۳۱۲	۶-۹-۴ فیلتر گذاری هم ریخت	
۳۱۶	۱۰-۴ فیلتر گذاری گزینشی	
۳۱۶	۱-۱۰-۴ فیلتر های میان نگذر و میان گذر	
۳۱۷	۲-۱۰-۴ فیلتر های فاقی	
۳۲۱	۱۱-۴ پیاده سازی	
۳۲۲	۱-۱۱-۴ جدایی پذیری DFT دو بعدی	
۳۲۲	۲-۱۱-۴ محاسبه IDFT با استفاده از یک الگوریتم DFT	
۳۲۳	۳-۱۱-۴ تبدیل فوریه سریع (FFT)	
۳۲۷	۴-۱۱-۴ چند توضیح بر طراحی فیلتر	
۳۲۷	خلاصه فصل	
۳۲۸	مراجع و مطالعه بیشتر	

۳۴۷

## بازیابی و بازسازی تصویر

۵



- ۳۳۸ مدلی از فرآیند تخریب(تنزل کیفیت)/ بهسازی تصویر
- ۳۳۹ مدلهای نویز
- ۳۳۹ ۱-۲-۵ خواص مکانی و فرکانسی نویز
- ۳۴۰ ۲-۲-۵ برخی توابع مهم چگالی احتمال نویز
- ۳۴۵ ۳-۲-۵ نویز متناوب
- ۳۴۶ ۴-۲-۵ تخمین پارامترهای نویز
- ۳۴۸ ۳-۵ بازیابی در حضور نویز تها توسط فیلترگذاری مکانی
- ۳۴۸ ۱-۳-۵ فیلترهای متوضط‌گیر
- ۳۵۰ ۲-۳-۵ فیلترهای مرتبه - آماری
- ۳۵۵ ۳-۳-۵ فیلترهای وفقی
- ۳۶۱ ۴-۵ کاهش نویز متناوب با فیلترگذاری حوزه فرکانس
- ۳۶۱ ۱-۴-۵ فیلترهای میان‌نگذر
- ۳۶۲ ۲-۴-۵ فیلترهای میان‌گذر
- ۳۶۳ ۳-۴-۵ فیلترهای فاقد
- ۳۶۵ ۴-۴-۵ فیلتر گذاری فاق بھینه
- ۳۶۸ ۵-۵ افت کیفیتهای خطی و تغییرناپذیر با مکان
- ۳۷۲ ۶-۵ تخمین تابع افت کیفیت تصویر
- ۳۷۲ ۱-۶-۵ تخمین با مشاهده تصویر
- ۳۷۲ ۲-۶-۵ تخمین با آزمایش
- ۳۷۲ ۳-۶-۵ تخمین توسط مدلسازی
- ۳۷۷ ۷-۵ فیلترگذاری معکوس
- ۳۷۸ ۸-۵ فیلتر گذاری حداقل میانگین مریع خط (وینر)
- ۳۸۲ ۹-۵ فیلترگذاری حداقل مریعات مقید
- ۳۸۷ ۱۰-۵ فیلتر میانگین هندسی
- ۳۸۷ ۱۱-۵ بازسازی تصویر از روی افکنشها
- ۳۸۸ ۱-۱۱-۵ مقدمه
- ۳۹۱ ۲-۱۱-۵ قواعد توموگرافی محاسبه شده (CT)
- ۳۹۳ ۳-۱۱-۵ پرتوافکنی و تبدیل رادون
- ۳۹۹ ۴-۱۱-۵ قضیه برش فوریه
- ۴۰۰ ۵-۱۱-۵ بازسازی با استفاده از پس‌افکنشهای پرتوی موادی
- ۴۰۵ ۶-۱۱-۵ بازسازی با استفاده از پس‌افکنشهای فیلتر شده با پرتوی فن
- ۴۱۲ خلاصه

۴۱۹

## پردازش تصویر رنگی

۶



- ۴۲۰ ۱-۶ اصول رنگ
- ۴۲۷ ۲-۶ مدلهای رنگ
- ۴۲۸ ۱-۲-۶ مدل رنگ RGB
- ۴۲۹ ۲-۲-۶ مدل رنگ CMY , CMY
- ۴۳۴ ۳-۲-۶ مدل رنگ HSI
- ۴۴۱ ۳-۶ پردازش تصویر شبه‌رنگی
- ۴۴۲ ۱-۳-۶ برش زنی شدت روشنایی

۴۴۶	۲-۳-۶ تبدیلات شدت روشنایی به رنگ
۴۵۲	۴-۶ مبانی پردازش تصویر تمامرنگی
۴۵۴	۵-۶ تبدیلات رنگ
۴۵۵	۱-۵-۶ فرمولیندی
۴۵۷	۲-۵-۶ مکمل‌های رنگ
۴۶۰	۳-۵-۶ برش‌زنی رنگ
۴۶۱	۴-۵-۶ اصلاحات سایه‌روشن و رنگ
۴۶۵	۵-۵-۶ پردازش هیستوگرام
۴۶۸	۶-۶ هموارسازی و تیزسازی تصویر
۴۶۸	۱-۶-۶ هموارسازی تصویر رنگی
۴۷۰	۲-۶-۶ تیزسازی تصویر رنگی
۴۷۲	۷-۶ تقطیع تصویر بر اساس رنگ
۴۷۲	۱-۷-۶ تقطیع در فضای رنگ HSI
۴۷۴	۲-۷-۶ تقطیع در فضای برداری RGB
۴۷۶	۳-۷-۶ آشکارسازی لبه رنگی
۴۸۰	۸-۶ نویز در تصاویر رنگی
۴۸۳	۹-۶ فشرده سازی تصویر رنگی
۴۸۵	خلاصه
۴۸۵	مراجع و مطالعه بیشتر

## ۴۹۳

### موجکها و پردازش چند رزولوشنی

### فصل ۷

۴۹۴	۱-۷ پیش‌زمینه
۴۹۴	۱-۱-۷ هرمهای تصویر
۴۹۸	۲-۱-۷ کدگذاری زیرباند
۵۰۶	۳-۱-۷ تبدیل هار
۵۱۰	۲-۷ بسطهای چند رزولوشنی
۵۱۰	۱-۲-۷ بسطهای سری (متوالی)
۵۱۲	۲-۲-۷ توابع مقیاس‌گذاری
۵۱۶	۳-۲-۷ توابع موجک
۵۲۰	۳-۷ تبدیلات موجک در یک بعد
۵۲۰	۱-۳-۷ بسطهای سری موجک
۵۲۲	۲-۳-۷ تبدیل موجک گسسته
۵۲۴	۳-۳-۷ تبدیل موجک پیوسته
۵۲۷	۴-۷ تبدیل موجک سریع
۵۳۵	۵-۷ تبدیلات موجک در دو بعد
۵۴۳	۶-۷ بسته‌های موجک
۵۵۴	خلاصه
۵۵۴	مراجع و مطالعات بیشتر

## ۵۶۱

### فشرده سازی تصویر

### فصل ۸

۵۶۲	۱-۸ اصول و مبانی
-----	------------------

۵۶۴	افزونگی در کدگذاری	۱-۱-۸
۵۶۶	افزونگی مکانی و زمانی	۲-۱-۸
۵۶۷	اطلاعات نامرتب	۳-۱-۸
۵۶۸	اندازه‌گیری اطلاعات تصویر	۴-۱-۸
۵۷۱	معیار وفاداری	۵-۱-۸
۵۷۳	مدلهای فشرده‌سازی تصویر	۶-۱-۸
۵۷۵	قالبهای تصویر- حاملها و استانداردهای فشرده سازی	۷-۱-۸
۵۷۹	برخی روش‌های فشرده‌سازی پایه	۲-۸
۵۷۹	کدگذاری هامن	۱-۲-۸
۵۸۱	کدگذاری گلمب	۲-۲-۸
۵۸۶	کدگذاری حسابی	۳-۲-۸
۵۸۸	LZW کدگذاری	۴-۲-۸
۵۹۱	کدگذاری طول تداوم	۵-۲-۸
۵۹۸	کد گذاری مبتنی بر نماد	۶-۲-۸
۶۰۲	کدگذاری صفحه بیتی	۷-۲-۸
۶۰۶	کدگذاری تبدیل بلوكی	۸-۲-۸
۶۲۵	کدگذاری پیش‌گویانه	۹-۲-۸
۶۴۵	کدگذاری موجک	۱۰-۲-۸
۶۵۶	نهان نگاری (واتر مارک گذاری) تصویر دیجیتال	۳-۸
۶۶۳	خلاصه	
۶۶۴	مراجع و مطالعه بیشتر	

۶۷۱

## ٩ فصل پردازش تصویر ریخت‌شناسانه

۶۷۲	مطالب ابتدایی	۱-۹
۶۷۵	فرسایش و گسترش	۲-۹
۶۷۵	فرسایش	۱-۲-۹
۶۷۶	گسترش	۲-۲-۹
۶۷۹	دوگانی	۳-۲-۹
۶۸۰	باز کردن و بستن	۳-۹
۶۸۴	تبدیل تطابق یا عدم تطابق	۴-۹
۶۸۶	چند الگوریتم ریخت‌شناسی ابتدایی	۵-۹
۶۸۷	استخراج مرز	۱-۵-۹
۶۸۷	پرسازی سوراخها	۲-۵-۹
۶۹۰	استخراج اجزای متصل	۳-۵-۹
۶۹۲	پوسته محدب	۴-۵-۹
۶۹۴	باریک کردن	۵-۵-۹
۶۹۵	ضخیم سازی	۶-۵-۹
۶۹۶	چارچوبها	۷-۵-۹
۶۹۹	هرس کردن	۸-۵-۹
۷۰۱	بازسازی مبتنی بر ریخت‌شناسی	۹-۵-۹
۷۰۷	خلاصه اعمال مبتنی بر ریخت‌شناسی روی تصاویر دودویی	۱۰-۵-۹
۷۱۰	ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری	۶-۹
۷۱۰	فرسایش و گسترش	۱-۶-۹

۷۱۲	گشودن و بستن	۲-۶-۹
۷۱۵	چند الگوریتم مبتنی بر ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری پایه	۳-۶-۹
۷۲۲	بازسازی ریخت‌شناسانه سایه خاکستری	۴-۶-۹
۷۲۵	خلاصه	
۷۲۵	مراجع و مطالعات بیشتر	

۷۳۵

 **۱۰** فصل تقطیع تصویر

۷۳۶	مبانی	۱-۱۰
۷۳۸	آشکارسازی نقطه، خط و لبه	۲-۱۰
۷۳۸	پس‌زمینه	۱-۲-۱۰
۷۴۲	آشکارسازی نقاط تک	۲-۲-۱۰
۷۴۴	آشکارسازی خط	۳-۲-۱۰
۷۴۶	مدلهای لبه	۴-۲-۱۰
۷۵۱	آشکارسازی لبه پایه	۵-۲-۱۰
۷۶۱	روشهای پیشرفته‌تر برای آشکارسازی لبه	۶-۲-۱۰
۷۷۱	پیوند لبه و آشکارسازی مرز	۷-۲-۱۰
۷۸۴	آستانه‌گذاری	۳-۱۰
۷۸۴	مبانی	۱-۳-۱۰
۷۸۸	آستانه‌گذاری سراسری ساده	۲-۳-۱۰
۷۸۸	آستانه‌گذاری سراسری بهینه با استفاده از روش Otsu	۳-۳-۱۰
۷۹۳	استفاده از هموارسازی تصویر برای بهبود آستانه‌گذاری سراسری	۴-۳-۱۰
۷۹۶	استفاده از لبه‌ها برای بهبود آستانه‌گذاری سراسری	۵-۳-۱۰
۸۰۰	آستانه‌های چندگانه	۶-۳-۱۰
۸۰۲	آستانه‌گذاری متغیر	۷-۳-۱۰
۸۰۷	آستانه‌گذاری چند متغیره	۸-۳-۱۰
۸۰۹	تقطیع مبتنی بر ناحیه	۴-۱۰
۸۰۹	رشد ناحیه‌ای	۱-۴-۱۰
۸۱۲	اد GAM و شکافت ناحیه‌ای	۲-۴-۱۰
۸۱۵	تقطیع با استفاده از آبخشان‌های ریخت‌شناسی	۵-۱۰
۸۱۵	پس‌زمینه	۱-۵-۱۰
۸۱۷	ساخت سد	۲-۵-۱۰
۸۱۹	الگوریتم تقطیع آبخشان	۳-۵-۱۰
۸۲۲	استفاده از نشانگرها	۴-۵-۱۰
۸۲۵	کاربرد حرکت در تقطیع	۶-۱۰
۸۲۵	تکنیکهای مکانی	۱-۶-۱۰
۸۲۸	تکنیکهای حوزه فرکانس	۲-۶-۱۰
۸۳۲	خلاصه	
۸۳۳	منابع و مطالعات بیشتر	

۸۴۷

 **۱۱** فصل بازنمایی و توصیف

۸۴۸

۱-۱۱ نمایش

۸۴۸	دنیال کردن مرز (کناره)	۱-۱-۱۱
۸۵۰	کدهای زنجیرهای	۲-۱-۱۱
۸۵۲	تقریبات چند ضلعی با استفاده از چند ضلعی‌های دارای حداقل محیط	۳-۱-۱۱
۸۵۹	روشهای دیگر تقریب چند ضلعی	۴-۱-۱۱
۸۶۰	علامتهای مشخصه	۵-۱-۱۱
۸۶۲	ناوچی مرزی	۶-۱-۱۱
۸۶۳	چارچوبها	۷-۱-۱۱
۸۶۶	توصیفگرهای مرز	۲-۱۱
۸۶۶	چند توصیفگر ساده	۱-۲-۱۱
۸۶۸	اعداد شکل	۲-۲-۱۱
۸۶۹	توصیفگرهای فوریه	۳-۲-۱۱
۸۷۳	گشتاورهای آماری	۴-۲-۱۱
۸۷۴	توصیفگرهای منطقه‌ای	۳-۱۱
۸۷۴	چند توصیفگر ساده	۱-۳-۱۱
۸۷۶	توصیفگرهای توپولوژیک	۲-۳-۱۱
۸۷۹	بافت	۳-۳-۱۱
۸۹۰	ثابت گشتاور	۴-۳-۱۱
۸۹۳	استفاده از اجزای اصلی جهت توصیف	۴-۱۱
۹۰۱	توصیفگرهای رابطه‌ای	۵-۱۱
۹۰۶	خلاصه	

## ۱۲ فصل بازناسی هدف

۹۱۱	۱-۱۲ الگوها و دسته‌های الگو
۹۱۲	۲-۱۲ بازناسی بر اساس روش‌های نظریه تصمیم‌گیری
۹۱۶	۱-۲-۱۲ تطابق
۹۱۶	۲-۲-۱۲ دسته‌بندی‌های آماری بهینه
۹۲۳	۳-۲-۱۲ شبکه‌های عصبی
۹۳۲	۳-۱۲ روش‌های ساختاری
۹۵۳	۱-۳-۱۲ انطباق شماره‌های شکل
۹۵۳	۲-۳-۱۲ انطباق رشته‌ای
۹۵۵	خلاصه
۹۵۷	مراجعه و مطالعات بیشتر
۹۶۳	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۹۶۵	ضمیمه الف
۹۷۱	مراجع