

به نام خدا



پردازش سیگنال‌ها و تصاویر پزشکی

مولفان :

Kayvan Najarian
Robert Splinter

مترجمان :

مهدی طاهری
علی اکبر نوری



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

◀ عنوان کتاب: پردازش سیگنال ها و تصاویر پزشکی Biomedical signal and image processing: عنوان کتاب اصلی

◀ مولفان: Kayvan Najarian-Robert Splinter

مترجمان: مهدی طاهری-علی اکبر نوری

◀ ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

◀ صفحه آرابی: نازنین نصیری

◀ نوبت چاپ: اول

◀ تاریخ نشر: ۱۳۹۹

◀ چاپ و صحافی: صدف

◀ تیراژ: ۱۰۰ جلد

◀ قیمت: ۹۵۰۰۰۰ ریال

◀ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۳۱۲-۷

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :

WWW.MFTBOOK.IR

www.dibbook.ir

www.dibagarantehran.com

نشانی تلگرام: @mftbook

نشانی اینستاگرام دیبا dibagaran_publishing

هر کتاب دیباگران، یک فرصت جدید شغلی.

هرگوشی همراه، یک فروشگاه کتاب دیباگران تهران.

از طریق سایتها و اپ دیباگران، در هر جای ایران به کتابهای ما دسترسی دارید.

فهرست مطالب

مقدمه ناشر	۹
پیشگفتار	۱۰
سپاسگزاری ها	۱۱
مقدمه	۱۲

فصل اول

مقدمه‌ای بر پردازش سیگنال و تصویر دیجیتال ۱۷

۱- سیگنال‌ها و پردازش سیگنال‌های پزشکی	۱۸
۱-۱ مقدمه و بررسی اجمالی	۱۸
۲-۱ "سیگنال" چیست؟	۱۸
۳-۱ سیگنال‌های آنالوگ، گسسته و دیجیتال	۱۹
۴-۱ پردازش و تبدیل سیگنال‌ها	۲۲
۵-۱ پردازش سیگنال برای استخراج ویژگی‌ها	۲۳
۶-۱ برخی از مشخصات تصاویر دیجیتال	۲۴
۷-۱ خلاصه	۲۸
مسائل	۲۸
۲- تبدیل فوریه	۳۰
۱-۲ مقدمه و بررسی اجمالی	۳۰
۲-۲ تبدیل فوریه پیوسته یک بعدی	۳۰
۳-۲ نمونه‌برداری و نرخ نایکوئیست	۴۳
۴-۲ تبدیل فوریه یک بعدی گسسته	۴۴
۵-۲ تبدیل فوریه گسسته دوبعدی	۴۷
۶-۲ طراحی فیلتر	۴۹
۷-۲ خلاصه	۵۳
مسائل	۵۳
۳- فیلتر، تقویت و ترمیم تصویر	۵۵
۱-۳ مقدمه و بررسی اجمالی	۵۵
۲-۳ پردازش نقطه‌ای	۵۶

۶۴	۳-۳ پردازش ماسکی: فیلتر کردن خطی در حوزه مکان
۷۶	۴-۳ فیلتر حوزه فرکانس
۷۹	۵-۳ خلاصه
۷۹	مسائل
۸۱	۴- تشخیص لبه و بخش‌بندی تصاویر
۸۱	۱-۴ مقدمه و بررسی اجمالی
۸۱	۲-۴ تشخیص لبه
۸۷	۳-۴ بخش‌بندی تصویر
۹۶	۴-۴ خلاصه
۹۶	مسائل
۹۸	۵- تبدیل موجک
۹۸	۱-۵ مقدمه و بررسی اجمالی
۹۸	۲-۵ از FT تا STFT
۱۰۵	۳-۵ تبدیل موجک پیوسته یک بعدی
۱۰۸	۴-۵ تبدیل موجک گسسته یک بعدی
۱۱۴	۵-۵ تبدیل موجک دو بعدی
۱۱۶	۶-۵ کاربردهای اصلی DWT
۱۱۸	۷-۵ تبدیل موجک گسسته در MATLAB®
۱۱۸	۸-۵ خلاصه
۱۱۹	مسائل
۱۲۱	۶- سایر روش‌های پردازش سیگنال و تصویر
۱۲۱	۱-۶ مقدمه و بررسی اجمالی
۱۲۱	۲-۶ تجزیه و تحلیل پیچیدگی
۱۲۴	۳-۶ تبدیل کسینوس
۱۲۷	۴-۶ آشنایی با فرآیندهای تصادفی
۱۳۴	۵-۶ آشنایی با نظریه اطلاعات
۱۳۸	۶-۶ انطباق تصاویر
۱۴۱	۷-۶ خلاصه
۱۴۲	مسائل
۱۴۴	۷- خوشه‌بندی و طبقه‌بندی
۱۴۴	۱-۷ مقدمه و بررسی اجمالی
۱۴۴	۲-۷ خوشه‌بندی در مقابل طبقه‌بندی

۱۴۶	..... استخراج ویژگی‌ها
۱۵۰	..... K-Means: یک روش خوشه‌بندی ساده
۱۵۳	..... طبقه‌بندی کننده بیزی
۱۵۷	..... روش حداکثر درست نمایی
۱۵۹	..... شبکه‌های عصبی
۱۷۰	..... خلاصه
۱۷۰	..... مسائل

فصل دوم

۱۷۳ پردازش سیگنال‌های پزشکی

۱۷۴	..... ۸- فعالیت‌های الکتریکی سلول
۱۷۴	..... ۱-۸ مقدمه و بررسی اجمالی
۱۷۴	..... ۲-۸ حمل و نقل یون در سلول‌های بیولوژیکی
۱۷۹	..... ۳-۸ خصوصیات الکتریکی غشای سلولی
۱۸۳	..... ۴-۸ مدل هاجکین - هاکسلی
۱۸۵	..... ۵-۸ اخذ اطلاعات الکتریکی
۱۸۸	..... ۶-۸ برخی ملاحظات عملی در مورد الکترودهای پزشکی
۱۸۸	..... ۷-۸ خلاصه
۱۸۹	..... مسائل
۱۹۰	..... ۹- الکتروکاردیوگرام (ECG)
۱۹۰	..... ۱-۹ مقدمه و بررسی اجمالی
۱۹۰	..... ۲-۹ عملکرد و ساختار قلب
۱۹۵	..... ۳-۹ الکتروکاردیوگرام: سیگنال سیستم قلبی عروقی
۲۰۱	..... ۴-۹ بیماری‌های قلبی عروقی و ECG
۲۰۹	..... ۵-۹ پردازش و استخراج ویژگی ECG
۲۱۳	..... ۶-۹ خلاصه
۲۱۳	..... مسائل
۲۱۵	..... ۱۰- الکتروانسفالوگرام (EEG)
۲۱۵	..... ۱-۱۰ مقدمه و بررسی اجمالی
۲۱۵	..... ۲-۱۰ مغز و عملکردهای آن
۲۱۷	..... ۳-۱۰ الکتروانسفالوگرام: سیگنال مغز
۲۲۱	..... ۴-۱۰ پتانسیل‌های برانگیخته

۲۲۴	۵-۱۰ بیماری‌های سیستم عصبی مرکزی و EEG
۲۲۸	۶-۱۰ EEG برای ارزیابی بیهوشی
۲۲۸	۷-۱۰ پردازش و استخراج ویژگی EEG
۲۳۳	۸-۱۰ خلاصه
۲۳۴	مسائل
۲۳۶	۱۱- الکترومایوگرام (EMG)
۲۳۶	۱-۱۱ مقدمه و بررسی اجمالی
۲۳۶	۲-۱۱ عضله
۲۴۲	۳-۱۱ EMG: سیگنال عضلات
۲۴۵	۴-۱۱ بیماری‌های عصبی عضلانی و EMG
۲۴۹	۵-۱۱ سایر کاربردهای EMG
۲۴۹	۶-۱۱ پردازش و استخراج ویژگی EMG
۲۵۲	۷-۱۱ خلاصه
۲۵۲	مسائل
۲۵۵	۱۲- سایر سیگنال‌های پزشکی
۲۵۵	۱-۱۲ مقدمه و بررسی اجمالی
۲۵۵	۲-۱۲ فشار خون و جریان خون
۲۵۶	۳-۱۲ الکترواُکلوگرام (EOG)
۲۵۹	۴-۱۲ مگنتوانسفالوگرام (MEG)
۲۶۱	۵-۱۲ سیگنال‌های تنفسی
۲۶۲	۶-۱۲ سیگنال‌های پزشکی بیشتر
۲۶۳	۷-۱۲ خلاصه
۲۶۳	مسائل

فصل سوم

۲۶۴	پردازش تصاویر پزشکی
۲۶۵	۱۳- اصول توموگرافی کامپیوتری
۲۶۵	۱-۱۳ مقدمه و بررسی اجمالی
۲۶۹	۲-۱۳ فرمولاسیون توموگرافی کامپیوتری میرایی
۲۷۴	۳-۱۳ قضیه برش فوریه
۲۷۷	۴-۱۳ خلاصه
۲۷۷	مسائل

۲۷۸	.....	۱۴- تصویربرداری با اشعه ایکس و توموگرافی کامپیوتری
۲۷۸	.....	۱-۱۴ مقدمه و بررسی اجمالی
۲۷۸	.....	۲-۱۴ فیزیک اشعه ایکس
۲۸۳	.....	۳-۱۴ تصویربرداری با اشعه X مبتنی بر میرایی
۲۸۴	.....	۴-۱۴ تشخیص اشعه ایکس
۲۸۸	.....	۵-۱۴ کیفیت تصویر
۲۹۰	.....	۶-۱۴ توموگرافی کامپیوتری
۲۹۱	.....	۷-۱۴ اسکنرهای CT پزشکی
۲۹۴	.....	۸-۱۴ کاربردهای تشخیصی تصویربرداری با اشعه ایکس
۲۹۵	.....	۹-۱۴ عکس CT برای جراحی‌های استریوتاکتیک
۲۹۷	.....	۱۰-۱۴ ثبت CT برای سایر مداخلات با هدایت تصویر
۲۹۷	.....	۱۱-۱۴ عوارض تصویربرداری با اشعه X
۲۹۷	.....	۱۲-۱۴ خلاصه
۲۹۸	.....	مسائل
۳۰۱	.....	۱۵- تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)
۳۰۱	.....	۱-۱۵ مقدمه و بررسی اجمالی
۳۰۳	.....	۲-۱۵ اصول فیزیکی و فیزیولوژیکی MRI
۳۰۹	.....	۳-۱۵ تصویربرداری MRI
۳۱۴	.....	۴-۱۵ فرمول بازسازی MRI
۳۱۶	.....	۵-۱۵ MRI عملکردی (fMRI)
۳۲۰	.....	۶-۱۵ کاربردهای MRI و fMRI
۳۲۳	.....	۷-۱۵ پردازش و استخراج ویژگی MRI
۳۲۵	.....	۸-۱۵ مقایسه MRI با سایر روش‌های تصویربرداری
۳۲۵	.....	۹-۱۵ انطباق با تصاویر MRI
۳۲۶	.....	۱۰-۱۵ خلاصه
۳۲۷	.....	مسائل
۳۲۹	.....	۱۶- تصویربرداری سونوگرافی
۳۲۹	.....	۱-۱۶ مقدمه و بررسی اجمالی
۳۲۹	.....	۲-۱۶ چرا تصویربرداری سونوگرافی؟
۳۳۰	.....	۳-۱۶ تولید و تشخیص امواج فراصوت
۳۳۱	.....	۴-۱۶ اصول فیزیکی و فیزیولوژیکی اولتراسوند
۳۳۸	.....	۵-۱۶ وضوح سیستم‌های تصویربرداری سونوگرافی
۳۳۹	.....	۶-۱۶ روش‌های تصویربرداری با سونوگرافی

۳۴۹	۷-۱۶ حالت‌های نمایش تصویر سونوگرافی
۳۵۰	۸-۱۶ خطاهای تصویر سونوگرافی
۳۵۰	۹-۱۶ بازسازی تصویر سونوگرافی سه بعدی
۳۵۲	۱۰-۱۶ کاربردهای تصویربرداری سونوگرافی
۳۵۲	۱۱-۱۶ پردازش و استخراج ویژگی‌های تصاویر سونوگرافی
۳۵۳	۱۲-۱۶ انطباق تصویر
۳۵۴	۱۳-۱۶ مقایسه تصاویر MRI، CT و تصاویر سونوگرافی
۳۵۴	۱۴-۱۶ اثر زیستی فراصوت
۳۵۶	۱۵-۱۶ خلاصه
۳۵۶	مسائل
۳۵۹	۱۷- توموگرافی تابش پوزیترون
۳۵۹	۱-۱۷ مقدمه و بررسی اجمالی
۳۵۹	۲-۱۷ اصول فیزیکی و فیزیولوژیکی PET
۳۶۲	۳-۱۷ اخذ سیگنال PET
۳۶۶	۴-۱۷ شکل‌گیری تصویر PET
۳۶۷	۵-۱۷ اهمیت PET
۳۶۸	۶-۱۷ کاربردهای PET
۳۷۲	۷-۱۷ پردازش و استخراج ویژگی تصاویر PET
۳۷۳	۸-۱۷ مقایسه تصاویر MRI، CT، سونوگرافی و PET
۳۷۴	۹-۱۷ خلاصه
۳۷۴	مسائل
۳۷۶	۱۸- سایر روش‌های تصویربرداری پزشکی
۳۷۶	۱-۱۸ مقدمه و بررسی اجمالی
۳۷۷	۲-۱۸ میکروسکوپ نوری
۳۷۹	۳-۱۸ میکروسکوپ فلورسنت
۳۸۱	۴-۱۸ میکروسکوپ هم‌کانون
۳۸۳	۵-۱۸ میکروسکوپ نوری روبش میدان نزدیک (NSOM)
۳۸۵	۶-۱۸ تصویربرداری امپدانس الکتریکی
۳۸۸	۷-۱۸ میکروسکوپ الکترونی
۳۹۰	۸-۱۸ تصویربرداری مادون قرمز
۳۹۱	۹-۱۸ بیومتریک
۳۹۵	۱۰-۱۸ خلاصه
۳۹۵	مسائل

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌های است که بتواند
خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.
هر کتاب دیباگران تهران، یک فرصت جدید فغلی و علمی

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت " آقایان مهدی طاهری- علی اکبر نوری " و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نمایم با مراجعه به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
bookmarket@mft.info

پیشگفتار

چاپ اول کتاب پردازش سیگنال و تصویر پزشکی در سال ۲۰۰۵ توسط نشر CRC منتشر شد. این کتاب توسط بسیاری از دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی به‌عنوان کتاب درسی برای مقطع کارشناسی ارشد و دوره‌های سطح اول فارغ‌التحصیلی در زمینه سیگنال و پردازش تصویر مورد استفاده قرار گرفت. همچنین توسط تعدادی از شرکت‌ها و مؤسسات تحقیقاتی به‌عنوان کتاب مرجع برای پروژه‌های تحقیقاتی استفاده شد. این بازخورد بسیار دلگرم‌کننده از چاپ اول باعث شد که من به دنبال راه‌هایی برای بهبود کتاب و ایجاد نسخه دوم باشم.

در نسخه دوم کتاب بهبودهای زیر انجام گرفته است:

- در مورد علامت‌های مهم، خطاهای دستوری و ابهامات موجود در برخی معادلات ریاضی اصلاحات نگارشی انجام شده است.
- مثال‌های زیادی تقریباً در تمام فصل‌ها اضافه شده است که اکثر آن‌ها نمونه‌های متلب هستند و اغلب مفاهیم شرح داده شده در متن را روشن‌تر می‌سازند.
- توضیحات و توجیحات بیشتری برای برخی مفاهیم پردازش سیگنال و تصویر ارائه شده است که شاید به تبیین بیشتری نیاز داشتند.

در نهایت، می‌خواهم از همه افرادی که با بنده و دکتر رابرت اسپلینتر، همکار بنده در امر تألیف و نگارش این کتاب، ارتباط داشتند و نظرات و ایده‌های خود را در مورد این کتاب با ما در میان گذاشتند، قدرانی کنم. امیدوارم که از نظر مخاطبان نسخه دوم حتی از نسخه اول نیز مفیدتر باشد!

کیوان نجاریان

دانشگاه مشترک المنافع ویرجینیا

ریچموند، ویرجینیا

بارگیری از وب

مواد اضافی مانند فایل داده‌ها از وب سایت CRC در دسترس هستند:

www.crcpress.com

در زیر منوی محصولات الکترونیکی (واقع در سمت چپ صفحه)، روی بارگیری‌ها و به‌روزرسانی‌ها کلیک کنید. فهرستی از کتاب‌ها به ترتیب حروف الفبا با بارگیری از وب‌ها ظاهر می‌شود. این کتاب را با جستجو پیدا کنید یا به پایین بروید تا کتاب را بیابید. پس از کلیک بر روی عنوان کتاب، خلاصه‌ای از کتاب ظاهر می‌شود. به انتهای این صفحه بروید و بر روی "بارگیری" کلیک کنید که در این صورت یک فایل ZIP را دانلود خواهید کرد. یا می‌توانید مستقیماً به سایت بارگیری از وب بروید که آدرس زیر می‌باشد.

www.crcpress.com/e_products/downloads/default.asp

سپاسگزاری‌ها

دکتر نجاریان از دکتر جو هون شین به خاطر بازخوردهای ارزشمند و مفصلش تشکر می‌کند که شامل لیست طولانی از اصلاحات صورت گرفته در این نسخه از کتاب است. مهم‌تر از همه، دکتر نجاریان دوست دارد از دکتر عابد الرئوف سول تشکر نماید، دانشجوی سابق دکتر که نه تنها بازخوردهای ارزشمندی را در مورد کلیه فصول کتاب به وی ارائه داده، بلکه در شکل‌گیری برخی از مثال‌های اضافی موجود در ویرایش دوم آن نیز کمک شایانی نموده است. کوشش و بینش عمیق رئوف نسبت به پردازش سیگنال و تصویر در شکل‌گیری این نسخه مؤثر بود و دکتر نجاریان نمی‌تواند به اندازه استحقاق وی از او به خاطر کمکش تشکر کند. دکتر نجاریان همچنین از پائول جونور در گروه مهندسی الکترونیک، دانشگاه لا تروب استرالیا تشکر می‌کند که اصلاحات ویراستاری او به بهبود ارائه این کتاب درسی کمک نموده است.

ما از دکتر شهرام شیرانی از دانشگاه مک مستر به خاطر به اشتراک گذاشتن برخی از ایده‌های آموزش پردازش تصویر و اسلایدهایش با ما و اینکه نظرات خود را در مورد بخش‌های ۳ و ۴ در اختیار ما قرار دادند تشکر می‌کنیم. همچنین از علیرضا درویش و جری جیمز زاخاریاس به خاطر ارائه بازخورد ارزشمندشان در چندین فصل از این کتاب تشکر می‌نماییم. بازخورد دقیق این عزیزان به ما در بهبود فصل‌های پردازش سیگنال و تصویر این کتاب کمک شایانی نمود.

علاوه بر عزیزان یاد شده، از کلیه بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، واحدهای صنعتی و افرادی که تصاویر و سیگنال‌های پزشکی و غیرپزشکی را با ما به اشتراک قرار دادند تشکر می‌کنیم. در هر فصل به منابع کلیه تصاویر و سیگنال‌ها اشاره شده است و به نوبه خود از مشارکت افراد یا آژانس‌هایی که داده‌ها را ارائه کرده‌اند سپاسگزاریم.

مقدمه

۱.۰ م. پردازش داده‌های پزشکی

پردازش اطلاعات بیولوژیکی و پزشکی مدت‌هاست که یک زمینه پویا از علوم طبیعی بوده است. با این حال، پیش از استفاده گسترده از رایانه‌های دیجیتال، تقریباً تمام پردازش‌ها توسط کارشناسان انسانی به‌طور مستقیم انجام می‌گرفت. به‌عنوان مثال، در پردازش و تجزیه و تحلیل علائم حیاتی (مانند فشار خون)، پزشکان مجبور بودند به‌طور کامل به تجربه شنوایی و بینایی و اکتشافی خود تکیه کنند. صحت و قابلیت اطمینان چنین فرآیندهای تشخیصی "دستی" توسط عواملی از جمله محدودیت‌های انسان در استخراج و یافتن برخی ویژگی‌های خاص از سیگنال‌ها محدود می‌شود. علاوه بر این، چنین تجزیه و تحلیلی از داده‌های پزشکی از عوامل دیگری مانند خطاهای انسانی به دلیل خستگی و ذهنی بودن فرایندهای تصمیم‌گیری، تأثیر می‌پذیرد. در چند دهه اخیر، پیشرفت‌هایی در فناوری‌های سنجش و تصویربرداری پزشکی مانند تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی (MRI)، تصویربرداری با توموگرافی کامپیوتری با اشعه ایکس (CT) و تصویربرداری با سونوگرافی پیدا شد که مقدار بسیار زیادی از داده‌های پزشکی را برای ما فراهم کرده است که هیچگاه نمی‌تواند در یک زمان محدود توسط پزشکان پردازش شود.

پردازش اطلاعات پزشکی شامل تکنیک‌هایی است که از ابزارهای ریاضی برای استخراج اطلاعات مهم تشخیصی از داده‌های پزشکی و بیولوژیکی استفاده می‌کند. با توجه به اندازه و پیچیدگی چنین داده‌هایی، رایانه‌ها وظیفه پردازش، تجسم و حتی طبقه‌بندی نمونه‌ها را بر عهده دارند. مراحل اصلی یک سیستم اندازه‌گیری و پردازش پزشکی معمولی در شکل ۱.۰ م نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اولین قدم شناسایی خصوصیات فیزیکی مربوط به سیستم پزشکی است که می‌تواند با استفاده از سنسورهای مناسب اندازه‌گیری شود. به‌عنوان مثال، الکتروکاردیوگرام (ECG) سیگنالی است که فعالیت‌های الکتریکی عضلات قلب را ثبت می‌کند و برای ارزیابی بسیاری از ویژگی‌های عملکردی قلب استفاده می‌شود.

هر بار که یک سیگنال پزشکی توسط یک سنسور ثبت شود، باید پردازش و فیلتر شود. این امر ضروری است زیرا سیگنال اندازه‌گیری شده اغلب حاوی برخی نویزهای نامطلوب است که با سیگنال پزشکی مربوطه ترکیب می‌شوند. منابع معمول نویز شامل فعالیت سایر سیستم‌های بیولوژیکی و تغییرات ناشی از عیوب سنسور است که با سیگنال مطلوب تداخل دارند. در مثال ECG، سیگنال‌های الکتریکی ناشی از سیستم تنفسی منابع اصلی نویز و تداخل می‌باشد.

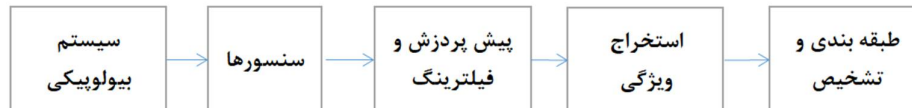
مرحله بعدی پردازش سیگنال فیلتر شده و استخراج ویژگی‌های است که وضعیت و شرایط سیستم پزشکی مورد مطالعه را نشان می‌دهد یا توصیف می‌کند. انتظار می‌رود چنین ویژگی‌های پزشکی (اندازه‌ها) بین موارد سالم و غیرسالم تمایز قائل شود. گروهی از ویژگی‌های استخراج شده بر اساس خصوصیات پزشکی سیستم (مانند ضربان قلب محاسبه شده از ECG) تعریف می‌شوند. این ویژگی‌ها اغلب توسط پزشکان و زیست‌شناسان تعریف می‌شوند و وظیفه مهندسان پزشکی ایجاد الگوریتم‌هایی برای استخراج این ویژگی‌ها از سیگنال‌های پزشکی

¹ Magnetic Resonance Imaging

² Computed Tomography

³ Electrocardiogram

است. گروه دیگر از ویژگی‌های استخراج شده مواردی هستند که با استفاده از روش‌های پردازش سیگنال و تصویر تعریف می‌شوند. حتی اگر تفسیر بیولوژیکی مستقیم از چنین ویژگی‌های به خوبی درک نشود، این ویژگی‌ها در طبقه‌بندی و تشخیص سیستم‌های پزشکی سودمند هستند. در مثال ECG، ممکن است تفسیر فیزیولوژیکی از معیارهایی مانند بُعد فراکتال^۱ نسخه فیلتر شده سیگنال یا انرژی ضرایب موجک در یک باند خاص لزوماً شناخته یا درک نشود. با این حال، این اندازه‌ها حاوی اطلاعات مفید و ویژگی‌های مبتنی بر پردازش سیگنال بوده که به طور قابل توجهی طبقه‌بندی سیگنال‌های پزشکی را تسهیل می‌کند.



م. ۱۰ نمودار کلی یک سیستم معمولی پردازش سیگنال / تصویر پزشکی.

مرحله آخر طبقه‌بندی و تشخیص است. در این مرحله، تمام ویژگی‌های استخراج شده به طبقه‌بندی کننده ارائه می‌گردد که بین طبقه‌های مختلف نمونه، به‌عنوان مثال، طبیعی و غیرطبیعی تمایز قائل می‌شود. این طبقه‌ها بر اساس دانش پزشکی مخصوص سیگنال مورد پردازش تعریف می‌شوند. در مثال ECG، این طبقه‌ها ممکن است شامل عادی، سکت قلبی، فلوتر^۲، انواع مختلف تپش قلب و غیره باشد. روشی که یک طبقه‌بندی کننده بر مبنای آن طراحی می‌شود بسیار خاص و کاربردی است. در برخی سیستم‌ها، ویژگی‌های مورد نیاز برای طبقه‌بندی نمونه‌ها به خوبی شناخته شده است؛ بنابراین، طبقه‌بندی کننده می‌تواند به راحتی با استفاده از اجرای مستقیم اصول علمی و ویژگی‌های موجود طراحی شود. در موارد دیگر که قوانین مشخصی موجود نیست (قوانین موجود کافی نیست)، طبقه‌بندی کننده باید با استفاده از نمونه‌های شناخته شده هر طبقه، ساخته و آموزش داده شود.

در برخی از موارد مراحل و ویژگی‌های دیگری به نمودار شکل م. ۱۰ اضافه شده می‌شود. به‌عنوان مثال، تقریباً در تمام سیستم‌های تصویربرداری پزشکی، یک بخش اساسی از سیستم وجود دارد که به تجسم نتایج کمک می‌کند. این امر به این دلیل است که کاربران انسانی (به‌عنوان مثال پزشکان) اغلب به تجسم ساختار دو بعدی (سه بعدی) اهداف پزشکی که در حال اسکن هستند اعتماد می‌کنند؛ به عبارت دیگر، تجسم یک گام اساسی و هدف اصلی بسیاری از سیستم‌های تصویربرداری است. این موضوع نیاز به استفاده از انواع تکنیک‌های تجسم و پردازش تصویر برای اصلاح تصاویر به منظور ایجاد درک بیشتر و مفیدتر کردن آن‌ها برای کاربران انسانی دارد.

یک ویژگی مفید بسیاری از سیستم‌های پردازش اطلاعات پزشکی یک رابط کاربری است که امکان تعامل بین کاربر و عناصر پردازش را فراهم می‌کند. این تعامل اجازه می‌دهد تکنیک‌های پردازش بر اساس بازخورد کاربر اصلاح شوند. در مثال ECG، کاربر ممکن است تصمیم بگیرد فیلترها را تغییر دهد تا روی اجزای فرکانس خاصی از سیگنال ECG تمرکز کند و فرکانس‌هایی را که برای یک بیماری خاص مهم هستند استخراج کند. در بسیاری از سیستم‌های پردازش تصویر، ممکن است کاربر تصمیم بگیرد که روی مناطق خاصی از تصویر متمرکز شود و عملیات خاصی (مانند تقویت تصویر) را بر روی مناطق منتخب مورد علاقه انجام دهد.

^۱ Fractal Dimension

^۲ Flutter

۲. م. درباره این کتاب

این کتاب به گونه‌ای طراحی شده است که می‌تواند هم برای مقطع کارشناسی ارشد و هم برای دوره‌های سطح اول فارغ‌التحصیلی در زمینه سیگنال و پردازش تصویر مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌نیاز اصلی لازم برای درک و استفاده از کتاب حساب‌های سطح کارشناسی و آشنایی با متغیرهای مختلط است. آگاهی از جبر خطی نیز در درک مفاهیم مفید خواهد بود. این کتاب مفاهیم ریاضی را در تکنیک‌های پردازش سیگنال و تصویر با جزئیات بسیار مفصلي شرح داده و در نتیجه هیچ دانش قبلی در مورد تکنیک‌های اساسی پردازش (مانند تبدیل فوریه) لازم نیست. در عین حال، برای خوانندگانی که از قبل با مفاهیم اصلی پردازش سیگنال آشنا هستند، می‌توانند فصل‌های اختصاص داده شده به تکنیک‌های پردازش سیگنال و تصویر را به‌عنوان یک بررسی دقیق در این زمینه مطالعه کنند.

قسمت اول شرح مفصلي از پردازش سیگنال اصلی، پردازش تصویر و تکنیک‌های تشخیص الگو را ارائه می‌دهد. فصل‌های این بخش همچنین روش‌های اصلی محاسباتی در سایر زمینه‌های مطالعاتی نظیر نظریه اطلاعات و فرآیندهای تصادفی را پوشش می‌دهند. ترکیبی از تمام این تکنیک‌های ریاضی، مهارت محاسباتی مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل سیگنال و تصاویر پزشکی را فراهم می‌کند. به خوانندگانی که قبلاً دوره‌هایی در تمام زمینه‌های مرتبط اعم از سیگنال دیجیتال، پردازش تصویر، تئوری اطلاعات و شناخت الگو را گذرانده‌اند، توصیه می‌شود که از طریق مطالعه قسمت دوم کتاب خود را با یادداشت، تمرین و استفاده از مهارت‌های محاسباتی، خود را با داده‌های پزشکی آشنا سازند.

اگرچه نویسندگان بر اهمیت مفاهیم ریاضی کتاب تأکید دارند، اما به شدت بر این باورند که بهترین روش یادگیری مفاهیم ریاضی، انجام نمونه‌های واقعی است. در نتیجه، هر فصل شامل چندین نمونه برنامه‌نویسی نوشته شده در MATLAB می‌باشد که سیگنال‌ها / تصاویر واقعی پزشکی را با استفاده از روش‌های ریاضی مربوطه پردازش می‌کنند. این مثال‌ها برای کمک به درک بهتر خواننده از مفاهیم ریاضی طراحی شده‌اند. اگرچه این کتاب برای آموزش MATLAB در نظر گرفته نشده، اما افزایش سطح دشواری در مثال‌های MATLAB به خواننده اجازه می‌دهد تا به تدریج مهارت‌های خود در زمینه برنامه‌نویسی MATLAB را بهبود بخشد. در هر فصل تعدادی تمرین نیز در بخش مسائل وجود دارد که به دانشجویان این فرصت را می‌دهد که تکنیک‌های معرفی شده را تمرین کنند. بعضی از مسائل به منظور کمک به دانشجویان جهت بهبود دانش ایشان در مورد مفاهیم ریاضی طراحی شده است، در حالی که بقیه مسائل کاربردی تعریف شده با استفاده از داده‌های واقعی سیستم‌های پزشکی (موجود در وب سایت همراه کتاب) هستند. به طور خاص، در حالی که برخی از مسائل عمدتاً مسئله‌های ریاضی است که باید به صورت دستی انجام شود، بخش عمده‌ای از مسائل در همه فصل‌ها مربوط به برنامه‌نویسی می‌باشد که به منظور کمک به خوانندگان، در دستیابی به تجربه دستی در مواجهه با مسائل دنیای واقعی طراحی شده است. تقریباً تمام این مسئله‌ها، روش‌های معرفی شده در فصل‌های گذشته را برای مسائل واقعی در زمینه کاربردهای پردازش سیگنال و تصویر پزشکی اعمال می‌کنند.

قسمت دوم سیگنال‌های اصلی پزشکی یک بُعدی را معرفی می‌کند. در هر فصل، ابتدا منشأ بیولوژیکی و اهمیت سیگنال توضیح داده می‌شود و در ادامه توصیفی از روش‌های اصلی محاسباتی که معمولاً برای پردازش سیگنال استفاده می‌شود آورده می‌شود. با فرض اینکه خوانندگان مهارت پردازش سیگنال / تصویر را در قسمت اول به دست آورده‌اند، تمرکز اصلی قسمت دوم روی فیزیولوژی و کاربردهای تشخیصی سیگنال‌های پزشکی خواهد بود.

تقریباً همه مثال‌ها و تمرین‌ها در این فصل از داده‌های واقعی پزشکی برای کاربردهای واقعی پردازش سیگنال‌های پزشکی استفاده می‌کنند.

قسمت آخر، قسمت سوم، به اصول اصلی تصویر پزشکی پرداخته است. این قسمت ابتدا اصول فیزیکی و فلسفی روش‌های تصویربرداری را پوشش می‌دهد و متعاقباً کاربردهای اصلی روش‌های تصویربرداری معرفی شده در تشخیص‌های پزشکی را توصیف می‌کند. در هر فصل، روش‌های اصلی محاسباتی مورد استفاده برای پردازش این تصاویر نیز بررسی می‌شود.

۳.۴ شرح خلاصه‌ای از فصول

چنانکه قبلاً گفته شد، کتاب به سه قسمت تقسیم می‌شود. قسمت اول خواننده را با تکنیک پردازش سیگنال و تصویر آشنا می‌سازد. فصل ۱ مفاهیم بنیادی اصلی پردازش سیگنال را به زبانی مفهومی و ساده توضیح می‌دهد. این فصل مفاهیم اصلی و ابزار پردازش سیگنال را در عباراتی غیر ریاضیاتی معرفی می‌کند تا خوانندگان را برای توصیف دقیق‌تر این مفاهیم در فصول بعد آماده کند. فصل ۲ تعریف کاربردهای تبدیل فوریه پیوسته و گسسته را بیان می‌کند. تمامی مفاهیم و تعاریف در این فصل با مثال توضیح داده می‌شود تا اطمینان حاصل شود که خواننده در فرمول‌های ریاضی غرق نمی‌شود. مخصوصاً در بخش دوم همانند سایر بخش‌ها نویسندگان بر این باورند که توصیف فرمول‌های ریاضی روش‌های مختلف پردازش سیگنال و تصویر باید با شرح دقیق و مفهومی همراه باشد. فصل ۳ در مورد تکنیک‌های مختلف فیلتر، تقویت و بازسازی تصاویر بحث می‌کند. گرچه این تکنیک‌ها اغلب برای تصاویر شرح داده می‌شوند، با این حال کاربرد برخی از این تکنیک‌ها در زمینه پردازش سیگنال‌های یک بعدی نیز توضیح داده شده است. در فصل ۴ تکنیک‌های مختلف لبه یابی و ناحیه بندی تصاویر دیجیتال مورد بحث قرار می‌گیرند. فصل ۵ به تبدیل‌های موجک و کاربردهای اصلی آن‌ها در پردازش سیگنال و تصویر اختصاص یافته است. روش‌های پیشرفته دیگر پردازش سیگنال و تصویر، شامل مفاهیم بنیادی فرایندهای تصادفی و نظریه اطلاعات در فصل ۶ بحث شده است. فصل ۷، فصل آخر قسمت اول، مقدمه‌ای بر روش‌های شناسایی الگو شامل تکنیک‌های طبقه‌بندی و خوشه‌بندی ارائه می‌کند.

قسمت دوم کتاب به شرح سیگنال‌های پزشکی یک بعدی اصلی و تکنیک‌های کاربردی برای تجزیه و تحلیل این سیگنال‌ها پرداخته است. فصل ۸ مروری مختصر از فعالیت‌های الکتریکی سلول ارائه می‌کند. از آنجا که همه سیگنال‌های الکتریکی بدن انسان به نحوی به وسیله پتانسیل عمل تولید می‌شوند. این فصل به‌عنوان مقدمه‌ای بر باقی فصول بخش دوم می‌باشد. فصل‌های ۹ تا ۱۱ به تجزیه و تحلیل و پردازش سیگنال‌های اصلی پزشکی، یعنی الکتروکاردیوگرام (ECG)، الکتروانسفالوگرام (EEG) و الکترومایوگرام (EMG)^۱ اختصاص داده شده است. در هر مورد منشأ بیولوژی سیگنال همراه با کاربردهای اصلی آن در تشخیص‌های پزشکی شرح داده شده است. سپس تکنیک‌های مختلف برای پردازش سیگنال و استخراج ویژگی‌های مهم از آن مورد بحث قرار می‌گیرد. به علاوه بیماری‌های اصلی که اغلب با استفاده از سیگنال‌های مربوطه یافت و تشخیص داده می‌شوند، به اختصار معرفی شده و تکنیک‌های محاسباتی که برای تشخیص چنین بیماری‌هایی از سیگنال‌ها به کار می‌رود، شرح داده می‌شوند. در فصل ۱۲ سایر سیگنال‌های پزشکی (شامل فشار خون، الکترواکلوگرام^۳ و

^۱ Electroencephalogram

^۲ Electromyogram

^۳ Electrooculogram

مگنتواسفالوگرام^۱) مورد بحث قرار می‌گیرند. تمامی فصول این قسمت دارای مثال‌هایی کاربردی و تمرین (با داده‌های پزشکی) می‌باشند تا به دانشجویان در حصول تجربه و مهارت در تحلیل سیگنال‌های پزشکی کمک نماید.

در قسمت سوم، در مورد اصول فیزیکی و فیزیولوژیکی، ایجاد و اهمیت روش‌های اصلی تصویربرداری پزشکی بحث می‌شود. تکنیک‌های متنوع پردازش که برای تجزیه و تحلیل انواع مختلف تصاویر پزشکی به کار می‌روند نیز در این قسمت پوشش داده می‌شود. در فصل ۱۳ ایده‌ها و فرمول‌های اصلی توموگرافی کامپیوتری (CT) ارائه می‌گردد. این تکنیک‌ها برای فهم بسیاری از سیستم‌های تصویربرداری پزشکی و فناوری‌هایی نظیر CT اشعه X، PET، MRI و سونوگرافی ضروری هستند. فصل ۱۴ به تصویربرداری معمولی با اشعه X، توموگرافی کامپیوتری با اشعه X و تکنیک‌های محاسباتی که برای خلق و پردازش این تصاویر استفاده می‌شوند، اختصاص یافته است. فصل ۱۵ تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) را معرفی می‌کند. این فصل اصول فیزیکی رزونانس مغناطیسی را پوشش داده و تکنیک‌های پردازش مربوط به MRI را شرح می‌دهد. به MRI عملکردی (fMRI) و کاربردهای آن نیز در این فصل پرداخته شده است. فصل ۱۶ انواع مختلف فناوری‌های تصویربرداری سونوگرافی و تکنیک‌های پردازش که به منظور تولید و تجزیه و تحلیل این نوع تصاویر به کار می‌روند را شرح می‌دهد. چنین تکنیک‌هایی شامل روش‌های توموگرافی می‌باشد که در توموگرافی زمان پرواز، توموگرافی میرایی و توموگرافی بازتابی استفاده می‌شوند. توموگرافی گسیل پزیترون (PET) در فصل ۱۷ مورد بحث قرار گرفته است. فصل ۱۸ به انواع دیگر تصاویر پزشکی شامل، میکروسکوپ نوری، میکروسکوپ هم مرکز، تصویربرداری امپدانس الکتریکی و تصویربرداری مادون قرمز اختصاص یافته است.

این کتاب با یک وبسایت همراه است که توسط نشر CRC نگهداری می‌شود. وبسایت مذکور شامل داده‌های مورد استفاده در مثال‌ها و تمرین‌های کتاب است. این سایت همچنین حاوی تصاویر مورد استفاده در فصول کتاب نیز می‌باشد. این موضوع اجازه می‌دهد اسلایدهایی برای یادداشت‌های کلاسی شکل گیرند که می‌توانند هم به‌عنوان مواد کمک درسی و هم به‌عنوان یک مرور اجمالی برای دانشجویان و سایر خوانندگان مورد استفاده قرار بگیرد.

گرچه مطالب این کتاب، خاص پردازش سیگنال‌ها و تصاویر پزشکی است. با این وجود برای اینکه کتاب برای خوانندگان علاقه‌مند به سایر کاربردهای پردازش سیگنال و تصویر قابل استفاده باشد، توضیحات روش‌های معرفی شده بصورت کلی و قابل استفاده در سایر زمینه‌های علمی و فناوری ارائه می‌گردد. علاوه بر این، نویسندگان در طول کتاب، از برخی از نمونه‌های غیرپزشکی استفاده کرده‌اند تا کاربرد روش‌های معرفی شده در سایر زمینه‌های مطالعاتی مانند نجوم را به نمایش بگذارند.

¹ Magnetoencephalogram

² Positron Emission Tomography

³ Functional Mri