

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

اصول و مبانی تصویربرداری پزشکی

اصول و مبانی تصویربرداری پزشکی

پاول سویتنز

ترجمه

دکتر علیرضا کمالی اصل

دکتر زهرا سیاوش پور

۱۳۹۶



۶۷۰

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

اصول و مبانی تصویربرداری پزشکی

پاول سویتنز

ترجمه دکتر علیرضا کمالی اصل - دکتر زهرا سیاوش پور

Paul Suetens, *Fundamentals of Medical Imaging*, 2nd Ed., Cambridge University Press, 2009.

ویراستار علمی: سحر هداوندی

ویراستار زبانی و فنی: ندا نوری

حروفنگار و صفحه‌آرا: سمیرا دهقان

طراح جلد: امیرشاهرخ فریوسفی

ناظر چاپ: صفر ممیزاد

چاپ اول: ۱۳۹۶

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۳۵۰.۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

سرشناسه:	سویتنز، پاول: ۱۹۵۴-م. Suetens, Paul
عنوان و نام پدیدآور:	اصول و مبانی تصویربرداری پزشکی / پاول سویتنز؛ ترجمه علیرضا کمالی اصل. زهرا سیاوش پور.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری:	ده، ۴۸۶ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک:	۹۷۸ ۹۶۴ ۴۵۷ ۴۰۴ ۷
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا
یادداشت:	عنوان اصلی: Fundamentals of medical imaging, 2nd. Ed, c2009.
یادداشت:	واژه‌نامه؛ کتابنامه؛ نمایه.
موضوع:	تشخیص تصویری -- ریاضیات؛ Diagnostic imaging -- Mathematics
موضوع:	فیزیک پزشکی؛ Medical physics
شناسه افزوده:	کمالی اصل، علیرضا، ۱۳۵۰-، مترجم
شناسه افزوده:	سیاوش پور، زهرا، ۱۳۶۴-، مترجم
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۶ س۹/ت۵/RCV۸/۷
رده‌بندی دیویی:	۶۱۶/۰۷۵۴
شماره کتابشناسی ملی:	۵۰۳۶۶۱۴

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir
unipress@mail.sbu.ac.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمان	نه
فصل اول: مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال	۱
تصاویر دیجیتال	۱
کیفیت تصویر	۵
عملگرهای اصلی تصویر	۸
منابع پیشنهادی	۲۳
فصل دوم: رادیوگرافی	۲۵
مقدمه	۲۵
پرتو ایکس	۲۵
برهم‌کنش با ماده	۲۸
آشکارسازهای پرتو ایکس	۳۱
تصویربرداری با تکنیک دوانرژی	۳۹
کیفیت تصویر	۴۲
تجهیزات	۴۵
کاربرد بالینی	۴۹
آثار زیست‌شناختی و مسائل ایمنی	۵۳
چشم‌اندازهای آینده	۵۷
منابع پیشنهادی	۵۸
فصل سوم: مقطع‌نگاری رایانه‌ای با پرتو ایکس	۵۹
مقدمه	۵۹

۶۳	آشکارسازهای پرتو ایکس در سی تی
۶۴	تصویربرداری
۸۶	سی تی قلبی
۸۸	سی تی دوانرژی
۹۲	کیفیت تصویر
۹۹	تجهیزات
۱۱۰	کاربرد بالینی
۱۱۳	آثار زیست‌شناختی و مسائل ایمنی
۱۱۷	چشم‌اندازهای آینده
۱۱۷	منابع پیشنهادی
۱۱۹	فصل چهارم: تصویربرداری تشدید مغناطیسی
۱۱۹	مقدمه
۱۲۰	فیزیک سیگنال فرستاده‌شده
۱۲۸	برهم‌کنش با بافت
۱۳۳	آشکارسازی سیگنال و آشکارساز
۱۳۵	تصویربرداری
۱۵۱	تصویربرداری سه‌بعدی
۱۷۱	کیفیت تصویر
۱۸۰	تجهیزات
۱۸۳	کاربرد بالینی
۱۸۹	آثار زیست‌شناختی و مسائل ایمنی
۱۹۳	چشم‌اندازهای آینده
۱۹۴	منابع پیشنهادی
۱۹۵	فصل پنجم: تصویربرداری پزشکی هسته‌ای
۱۹۵	مقدمه
۱۹۶	رادینوکلئیدها
۲۰۱	برهم‌کنش فوتون‌های گاما و ذرات با ماده
۲۰۳	گردآوری داده
۲۰۸	تصویربرداری
۲۱۸	کیفیت تصویر
۲۲۱	تجهیزات

۲۲۹.....	کاربرد بالینی.....
۲۳۵.....	آثار زیست‌شناختی و مسائل ایمنی.....
۲۳۶.....	چشم‌اندازهای آینده.....
۲۳۷.....	منابع پیشنهادی.....
۲۳۹.....	فصل هشتم: تصویربرداری فراصوت (سونوگرافی).....
۲۳۹.....	مقدمه.....
۲۴۰.....	فیزیک امواج صوتی.....
۲۴۱.....	تولید امواج فراصوت.....
۲۵۸.....	تصویربرداری سیاه‌وسفید.....
۲۶۴.....	تصویربرداری داپلر.....
۲۶۹.....	تصویربرداری جریان رنگی.....
۲۷۲.....	کیفیت تصویر.....
۲۸۴.....	کاربرد بالینی.....
۲۹۲.....	آثار زیست‌شناختی و مسائل ایمنی.....
۲۹۳.....	چشم‌اندازهای آینده.....
۲۹۵.....	فصل نهم: تحلیل تصاویر پزشکی.....
۲۹۵.....	مقدمه.....
۲۹۶.....	تحلیل دستی.....
۲۹۹.....	تحلیل خودکار.....
۳۰۴.....	روش‌های محاسباتی برای تحلیل خودکار تصویر پزشکی.....
۳۰۸.....	طبقه‌بندی پیکسل.....
۳۱۶.....	انطباق مدل هندسی با استفاده از ماتریس تبدیل.....
۳۲۵.....	انطباق مدل هندسی تغییرپذیر.....
۳۴۴.....	اعتبارسنجی.....
۳۴۷.....	چشم‌اندازهای آینده.....
۳۴۷.....	منابع پیشنهادی.....
۳۴۹.....	فصل دهم: نمایش دادن به شکل تصویر، به منظور تشخیص و درمان.....
۳۴۹.....	مقدمه.....
۳۵۳.....	به تصویر کشیدن دوبعدی.....
۳۵۴.....	پردازش سه‌بعدی.....
۳۷۵.....	واقعیت مجازی.....

۳۷۸.....	مداخله کاربر
۳۸۱.....	ردیابی در حین عمل
۳۸۸.....	واقعیت افزوده
۳۹۳.....	چشم اندازهای آینده
۳۹۴.....	منابع پیشنهادی
۳۹۵.....	کتاب‌شناسی
۳۹۹.....	پیوست الف: نظریه سیستم خطی
۳۹۹.....	مقدمه
۳۹۹.....	سیگنال‌ها
۴۰۳.....	تابع ضربه دیراک
۴۰۴.....	سیستم‌ها
۴۰۶.....	کانولوشن
۴۰۷.....	پاسخ یک سیستم خطی نامتغیر با جابه‌جایی (LSI)
۴۰۹.....	تبدیل فوریه
۴۱۰.....	مثال‌ها
۴۱۵.....	شکل قطبی تبدیل فوریه
۴۱۶.....	نمونه‌برداری
۴۲۰.....	منابع پیشنهادی
۴۲۱.....	پیوست (ب): تمرین‌ها
۴۲۱.....	عملگرهای اصلی تصویر
۴۲۲.....	رادیوگرافی
۴۲۳.....	مقطع‌نگاری رایانه‌ای با پرتو ایکس
۴۲۵.....	تصویربرداری تشدید مغناطیسی
۴۳۴.....	تصویربرداری پزشکی هسته‌ای
۴۴۱.....	تصویربرداری فراصوت (سونوگرافی)
۴۴۳.....	تحلیل تصاویر پزشکی
۴۴۵.....	نمایش دادن به شکل تصویر، با هدف تشخیص و درمان
۴۴۷.....	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
۴۶۳.....	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
۴۷۹.....	نمایه

پیشگفتار مترجم

یکی از ضعف‌های معمول کتاب‌های تخصصی تصویربرداری پزشکی پرتوی پرداختن به موضوعات تئوری و فنی به صورت تخصصی است؛ به طوری که به تئوری حاکم بر آن سیستم تصویربرداری، روابط ریاضی و نیز مشکلات هر حوزه نگاهی عمقی دارد. اگرچه ممکن است چنین نگاهی برای برخی متخصصان کمک‌کننده باشد؛ درست به همین دلیل، مخاطبان اندکی دارد و مطالعه آن برای افراد عادی خسته‌کننده است. از سوی دیگر، با توجه به رشد چشمگیر فناوری در حوزه‌های گوناگون، شامل الکترونیک، رایانه، تصویربرداری، رادیولوژی و دیگر رشته‌های فنی وابسته به حوزه‌های تصویربرداری، امکان مطرح کردن همه موضوعات در یک کتاب امکان‌پذیر نیست. افزون بر این، دانشجویان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های گوناگون، مانند مهندسی پرتوپزشکی، فیزیک پزشکی، مهندسی پزشکی، مهندسی تصویربرداری و رایانه به دانش مناسب در نقطه تلاقی این علوم نیاز دارند. در حوزه‌های تصویربرداری پزشکی - پرتوی، برخی قوانین و پروتکل‌های تصویربرداری پزشکی، صرف‌نظر از مد تصویربرداری، دارای اشتراکاتی اند که دانستن آن‌ها چه بسا در یادگیری مدهای تصویربرداری پرتوی مؤثر واقع شود. کتاب حاضر را دکتر سویتنز، با توجه به نکات ذکر شده، گردآوری و تدوین و تألیف کرده است به گونه‌ای که همواره دو هدف در آن دنبال می‌شود: ۱. نویسنده، با بیانی ساده و روان و با ارائه تصاویر متنوع، اصول فیزیکی و ریاضیاتی تصویربرداری پزشکی را طرح می‌کند؛ ۲. در هر بخش، موضوعات فقط به اندازه نیاز مطرح شده‌اند و از طرح روابط ریاضی غیرضروری خودداری شده است. بنابراین، خواننده می‌تواند به راحتی با موضوعات ارتباط برقرار کند و در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر، به کتاب‌هایی که نویسنده معرفی کرده مراجعه داشته باشد. این موضوع کمک می‌کند خواننده با موضوعاتی که کمتر مرتبطانند برخورد نداشته باشد و با درک سریع‌تر اطلاعات کلیدی، موضوع را دنبال کند؛ در عین حال، با توجه به تعدد مدهای تصویربرداری، از حجیم شدن کتاب و مطالب آن جلوگیری شده است.

کتاب پیش رو، در هشت بخش، به گونه‌ای تدوین شده است تا انواع روش‌های تصویربرداری و اصول فیزیکی حاکم بر آن‌ها و همچنین، شیوه به کارگیری آن‌ها در علوم پزشکی بیان شود. در فصل اول، با بیان مقدمه‌ای، اصول اولیه پردازش تصاویر دیجیتال معرفی می‌شود. در فصل دوم و سوم، روش‌های تصویربرداری مبتنی بر رادیوگرافی و مقطع‌نگاری رایانه‌ای شرح داده

می‌شوند. فصل چهارم به معرفی اصول حاکم بر تصویربرداری تشدید مغناطیسی اختصاص دارد. تصویربرداری پزشکی هسته‌ای موضوعی است که در فصل پنجم دنبال شده است. معرفی سیستم‌های تصویربرداری پزشکی، در فصل ششم، با تصویربرداری فراصوت (سونوگرافی) به پایان می‌رسد. در دو فصل آخر، تحلیل تصاویر پزشکی و نمایش دادن به شکل تصویر، به منظور تشخیص و درمان، بررسی می‌شود تا بدین صورت، علاوه بر معرفی انواع روش‌های تصویربرداری پزشکی، به شیوه استفاده از آن‌ها در پزشکی نیز پرداخته شود. شایان ذکر است که مطالعه این کتاب می‌تواند، در کنار کتاب فیزیک سیستم‌های تصویربرداری پزشکی بوشیرگ، دانش مناسبی را در حوزه سیستم‌های تصویربرداری پزشکی و اصول و قواعد حاکم بر آن‌ها برای خوانندگان محترم فراهم آورد.

علیرضا کمالی اصل

اسفند ۹۶

فصل اول: مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

تصاویر دیجیتال

نور مرئی اساساً امواج الکترومغناطیس با طول موج‌های بین ۴۰۰ و ۷۰۰ نانومتر است که هر طول موج رنگ مخصوص به خود را دارد. از سوی دیگر، هر رنگ خاص الزاماً متناظر با یک طول موج واحد نیست. برای مثال، نور ارغوانی ترکیبی از نور قرمز و آبی است. به‌طور کلی، هر رنگ با طیفی از طول موج‌های گوناگون مشخص می‌شود.

شبکیه چشم انسان سه نوع سلول مخروطی گیرنده نور دارد که نور ورودی را از فیلتر^۱های رنگی متفاوت عبور می‌دهند. به‌دلیل وجود سه نوع گیرنده مخروطی، وجود سه رنگ اصلی برای توصیف هر رنگ ملموس لازم و کافی است. از این رو، با برهم‌نهی مقادیر مناسب از سه رنگ اصلی که هر یک منحنی طیفی خاص خود را دارد، هر رنگ دلخواه را می‌توان تولید کرد. در سیستم‌های چاپگر رنگی افزایشی^۲، مانند نمایشگر رنگی، این سه رنگ اصلی قرمز و آبی و سبزند. بنابراین هر رنگ با ترکیب مقادیر ویژه‌ای از این سه رنگ مشخص می‌شود. ترکیب مقادیر مساوی از این سه سبب پیدایش رنگ سفید می‌شود (شکل ۱.۱(a)). نور سفید مطلوب طیفی یکنواخت دارد که در آن تمامی طول موج‌ها موجود است. در عمل، چشمه‌های نور سفید دارای تقریبی از مشخصه یادشده‌اند. در سیستم‌های چاپگر رنگی کاهش‌ی^۳، مانند سیستم‌های چاپگر یا سیستم‌های رنگ‌آمیزی، این سه رنگ اصلی شامل فیروزه‌ای^۴ و ارغوانی^۵ و زردند. فیروزه‌ای رنگ جسمی است که، بر اثر تابش نور سفید، نور قرمز را جذب می‌کند ولی سبز و آبی را بازتاب می‌دهد؛ بنابراین، این رنگ با ترکیب افزایشی میزان برابر نورهای سبز و آبی به‌دست می‌آید. به همین صورت، ارغوانی نتیجه جذب نور سبز و شامل مقدار برابر از نورهای قرمز و آبی، و زرد نتیجه جذب نور آبی و دربردارنده مقادیری مساوی از نور قرمز و سبز است.

1. filter

2. additive color reproduction system

3. subtractive color reproduction system

4. cyan

5. magenta