# فیزیک پرتودرمانی بالینی

## با نرم افزار MATLAB

### رویکرد حل مسئله


**مؤلف:**

**دکتر پاول دوراک**

**مترجم:**

**فرشته خدادادی شوشتری**

کارشناسی ارشد پرتوپزشکی دانشگاه شیراز

**ویراستاران علمی:**

**دکتر مهرنوش کریمی‌پور فرد**

**دکتر صدیقه سینا**

متخصصین پرتوپزشکی دانشگاه شیراز



ROYAN-PAZHOUH PUBLISHER

انتشارات رویان پژوه

# فهرست مطالب


**پیشگفتار مترجم** ۱۵

**پیشگفتار مولف** ۱۷

منابع ۱۸

**مقدمه** ۱۹

**درباره این مجموعه** ۲۲

سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی ۲۳

**تقدیر و تشکر** ۲۵

**مخففها و اختصارات** ۲۶

**تعریف اصطلاحات** ۲۷

توموگرافی کامپیوتری ۴ بعدی ۲۷

دز بیولوژیکی مؤثر ۲۷

محور مرکزی (پرتو) ۲۷

کلیماتور (موازی‌ساز) ۲۷

راه‌اندازی ۲۸

توموگرافی کامپیوتری ۲۸

توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروطی ۲۸

هم صفحه ۲۹

عدد توموگرافی کامپیوتری ۲۹

تصویربرداری دیجیتالی و تبادل اطلاعات در پزشکی ۲۹

رادیوگراف باز ساخت شده دیجیتالی ۲۹

فاصله تا سازگاری ۳۰

هیستوگرام دز - حجم ۳۰

دستگاه الکترونیکی تصویربرداری پرتال ۳۰

طول مسافت معادل ۳۰

شورای اروپا ۳۰
میدان دید ۳۱
بدون فیلتر مسطح‌کننده ۳۱
شار ۳۱
پهنای کامل در نصف مقدار بیشینه ۳۱
گاما ۳۱
واحد هانسفیلد ۳۲
فریم تصویر ۳۲
پرتودرمانی تحت هدایت تصویر ۳۲
ثبت (رجیستریشن)/ ادغام تصویر ۳۲
پرتودرمانی با شدت مدوله‌شده ۳۳
حجم هدف داخلی ۳۳
دزسنجی آزمایشگاهی ۳۳
طراحی درمان به صورت معکوس ۳۳
ایزو سنتر ۳۴
ایزوتروپیک ۳۴
شتاب‌دهنده خطی ۳۴
ماتریس ۳۴
مونت‌کارلو ۳۴
مانیتور یونیت ۳۵
کلیماتور چندلایه ۳۵
نسبت خارج از محور ۳۵
سیستم اطلاعات سرطان‌شناسی ۳۵
بهینه‌سازی ۳۵
فانتوم فیزیکی ۳۶
فانتوم مجازی ۳۶
حجم طراحی هدف ۳۶
کنترل کیفیت/تضمین کیفیت ۳۶
ساختارهای پرتودرمانی ۳۶
سیستم ثبت و تأیید ۳۷
منطقه موردنظر(ROI) ۳۷
افزایش یکپارچه هم‌زمان ۳۷
سینتکس ۳۷

زبانه و شیار ۳۷
سیستم طراحی درمان ۳۸
بردار ۳۸
حجم موردنظر(VOI) ۳۸
سازمان غذا و دارو آمریکا ۳۸

**فصل اول: نکات ضروری در مورد نرم‌افزار متلب و اصول یک برنامه‌نویسی ساده ۳۹**

همه آنچه که برای شروع به آن نیاز دارید ۳۹
رابط نرم‌افزار متلب ۴۰
استراتژی ارائه مطالب در این کتاب ۴۲
قدم‌های اول: استفاده از نرم‌افزار متلب به‌عنوان یک ماشین‌حساب جیبی ۴۲
قدم‌های اول: جبر برداری و دستورات ترکیبی ۴۳
قدم‌های اول: ترسیم داده‌ها ۴۶
قدم‌های اول: نوشتن یک برنامه (اسکریپت نویسی) ۴۶
قدم‌های اول: الگوریتم سازی ۵۱
ذخیره سازی و بارگذاری داده‌های Workspace ۵۲
ذخیره سازی و بارگذاری متغیر ۵۳
تعیین کردن و اضافه کردن مسیر ۵۳
انواع داده‌ها در متلب ۵۴
انواع داده‌های عددی ۵۴
داده‌های از نوع کاراکتر و رشته ۵۴
آرایه‌های سلولی ۵۵
آرایه‌های ساختاری ۵۵
ویژگی‌های اصلی خروجی و اکسپورت ۵۶
ویژگی‌های اصلی ورودی و ایمپورت ۶۰
مدیریت فایل‌ها و پوشه‌ها ۶۶
یک مطالعه موردی ساده ۶۶
تشخیص مسئله ۶۸
پیاده سازی الگوریتم ۷۰
رویه الگوریتم ۷۱
مراحل الگوریتم ۷۱
روش‌های جایگزین ۷۱
اسکریپت نویسی ۷۲
تست کردن ۷۳

مستندسازی ۷۵
منابع ۷۶

**فصل دوم: عملیات پایه و انواع داده‌های مربوط به فیزیک پرتودرمانی ۷۷**

مقدمه ۷۷
اسکالرها ۷۸
داده‌های یک بعدی ۷۸
نمایش گرافیکی ۷۸
درون‌یابی پروفایل‌های دز ۸۰
تطبیق پروفایل‌های دز ۸۱
میانگین‌گیری متقارن پروفایل دز ۸۴
همانند سازی پروفایل دز ۸۴
هیستوگرام دز-حجم: فرمت دیفرانسیلی و انتگرالی ۸۸
داده‌های آماری هیستوگرام دز-حجم ۹۰
داده‌های دو بعدی ۹۳
نمایش گرافیکی ۹۴
درون‌یابی و تغییر اندازه ۹۶
فیلتر کردن ۹۹
چرخش، همانندسازی و زوم ۱۰۰
منطقه‌های موردنظر ۱۰۰
هماهنگ‌سازی داده‌های دو بعدی ۱۰۲
داده‌های سه بعدی ۱۰۴
نمایش گرافیکی ۱۰۴
درون‌یابی و تغییر اندازه ۱۰۴
هماهنگ‌سازی داده‌های سه بعدی ۱۰۶
چرخش و قرینه‌سازی ۱۰۶
مناطق مورد نظر ۱۰۶
هیستوگرام ۱۰۷
داده‌های ۴ بعدی ۱۰۸
آرایه سلولی ۱۰۸
آرایه ساختاری ۱۰۹
رشته ۱۱۱
منابع ۱۱۱

**فصل سوم: بازسازی اطلاعات پایه DICOM RT ۱۱۳**
آنچه از این فصل خواهیم آموخت ۱۱۳
مقدمه ۱۱۳
DICOM: همه آن چیزی که برای شروع به کار باید بدانید ۱۱۳
ماژول‌های مخصوص به پرتودرمانی: DICOM RT ۱۱۴
ایمپورت کردن داده‌های DICOM ۱۱۷
مجموعه تصاویر ۱۱۸
الگوی الگوریتم ۱۲۰
مراحل الگوریتم ۱۲۰
الگوی الگوریتم ۱۲۴
مراحل الگوریتم ۱۲۴
مجموعه تصاویر ثانویه (تصویربرداری مغناطیسی شدتی (MRI)، توموگرافی گسیل پوزیترون (PET)) ۱۲۹
حجم موردنظر (ساختارهای RT) ۱۳۰
الگوی الگوریتم (فهرست کردن اسامی و شناسه ساختارها طبق آنچه که در فایل DICOM ذخیره شده‌است) ۱۳۲
الگوی الگوریتم (بازسازی یک ساختار مشخص در قالب شاخص‌های خطی وکسل) ۱۳۳
مراحل الگوریتم ۱۳۴
دز ۱۳۷
حجم هیستوگرام دز- حجم (DVH) ۱۳۹
الگوی الگوریتم (استخراج داده‌های هیستوگرام دز-حجم) ۱۴۰
دیگر داده‌های DICOM RT در پرتودرمانی ۱۴۱
بازسازی توزیع دز سه‌بعدی ۱۴۳
تطبیق دز با مدل CT ۱۴۵
محاسبه و مقایسه DVHها ۱۴۹
الگوی الگوریتم (محاسبه DVH) ۱۵۰
مراحل الگوریتم ۱۵۰
منابع ۱۵۱

**فصل چهارم: اصلاح داده‌های DICOM در پرتودرمانی ۱۵۳**
مقدمه ۱۵۳
ایمپورت کردن و دوباره اکسپورت کردن بدون انجام اصلاحات ۱۵۴
داده‌های تصویر DICOM ۱۵۴
طرح درمان RT (RTPLAN) ۱۵۶

مجموعه ساختار RT (RTSTRUCT) ۱۵۷
مثال‌هایی از ارجاع متقابل شناسه‌های منحصر به فرد DICOM (DICOM UIDS) ۱۵۹
ناشناس‌سازی تصاویر و دیگر داده‌های DICOM ۱۶۱
مثال‌هایی از تصحیح داده‌های DICOM RT ۱۶۱
ابزار کنترل دانسیته تصویر CT ۱۶۲
الگوی الگوریتم ۱۶۳
مراحل الگوریتم ۱۶۳
اصلاح DICOM CT و RT STRUCT ۱۶۴
الگوی الگوریتم ۱۶۴
اصلاح DICOM RTPLAN ۱۶۶
مطالعات موردی: مسائلی که به وسیله اصلاح داده‌ها حل می‌شود ۱۶۸
مجموعه تصویر "بسیار قدیمی" ۱۶۸
برش مفقودشده ۱۶۸
بسط یک مجموعه تصویر CT ۱۷۰
عملیات ریاضی با مجموعه تصاویر ۱۷۰
دز به عنوان تصویر ثانویه ۱۷۲
مجموعه تصاویر فانتوم خود را ایجاد کنید ۱۷۳
مثالی از فانتوم CT: الگوی متاداده‌ها و اکسپورت DICOM ۱۷۵
الگوی الگوریتم ۱۷۵
مراحل الگوریتم ۱۷۶
منابع ۱۷۸

**فصل پنجم: خلاصه ساده برنامه سه‌بعدی با استفاده از روش ثبت (رجیستریشن) صلب (Rigid Registration) ۱۷۹**
مقدمه ۱۷۹
مفهوم اساسی ۱۸۰
ثبت صلب دو مجموعه تصویر CT ۱۸۱
ثبت (رجیستریشن) تصویر به تصویر ۱۸۱
الگوی الگوریتم (ثبت (رجیستر) دستی تصویر به تصویر با استفاده از نمودار کانتور) ۱۸۲
مراحل الگوریتم ۱۸۲
انطباق بر مبنای کانتورهای حجم موردنظر (VOI) ۱۸۶
انطباق بر مبنای چند جفت از نقاط مرجع ۱۸۷
الگوی الگوریتم ۱۸۸
مراحل الگوریتم ۱۸۹

جنبه‌های کلی ۱۹۱
ثبت همزمان دزها و ساختارها – و تصدیق ۱۹۵
مجموع دزها و گزارش کردن آن‌ها ۱۹۶
جنبه‌های رادیوبیولوژیکی ۱۹۶
چند ایده درباره گزارش نتایج ۱۹۷
منابع ۱۹۹

**فصل ششم: مدیریت ناحیه‌ها و حجم‌های موردنظر در پرتودرمانی ۲۰۱**
مقدمه ۲۰۱
مروری بر تعریف ناحیه‌های موردنظر/ حجم‌های موردنظر ۲۰۲
عملیات پایه ROI/VOI ۲۰۲
توسعه‌ی یک VOI ۲۰۲
درون‌یابی ۲۰۲
حاشیه‌ها (لبه‌ها) و استخراج دیواره‌ی حجم های رادیوتراپی ۲۰۳
عملگرهای بولین ۲۰۳
مثال‌های بالینی ۲۰۳
ساختار برش (چیدن) ۲۰۵
گسترش (توسعه) و کاهش ROIها / VOIها ۲۰۵
الگوی الگوریتم ۲۱۱
مراحل الگوریتم ۲۱۲
مقایسه ROIها / VOIها ۲۱۵
شاخص مطابقت و پوشش ۲۱۵
حجم هدف داخلی ۲۱۷
مختصات ایستا ۲۱۹
مختصات‌های داینامیک – ردگیری ۲۱۹
الگوی الگوریتم ۲۲۲
مراحل الگوریتم ۲۲۲
منابع ۲۲۶

**فصل هفتم: محاسبه دز سه‌بعدی در پرتودرمانی ۲۲۷**
مقدمه ۲۲۷
یک مقدمه مختصر برای محاسبه دز ۲۲۸
محاسبه دز برمبنای وکسل ۲۲۸
الگوریتم‌های برمبنای فاکتور ۲۲۹
مثالی از محاسبه دز سه‌بعدی ۲۲۹

مرحله آماده‌سازی ۲۳۱
مرحله محاسبه دز ۲۳۱
سازماندهی داده‌های پرتو در جداول جستجو ۲۳۲
نرخ خارج از مرکز (OCR) ۲۳۳
به‌دست آوردن و سازماندهی پارامترهای پرتو درمان ۲۳۷
محاسبه دز ۲۳۹
الگوی الگوریتم ۲۴۰
مراحل الگوریتم ۲۴۰
الگوی الگوریتم ۲۴۲
مراحل الگوریتم ۲۴۲
بررسی مستقل دز/MU ۲۴۷
منابع ۲۵۰

**فصل هشتم: اندازه‌گیری نیمه-خودکار پارامترهای مکانیکی اصلی Linac ها ۲۵۱**

مقدمه ۲۵۱
حیطه (گستره) اتوماسیون در کنترل کیفیت پرتودرمانی ۲۵۲
جنبه‌های عمومی کنترل کیفیت لیناک ۲۵۳
شتاب‌دهنده‌های عادی خطی پزشکی ۲۵۶
اندازه‌گیری پارامترهای مکانیکی اصلی ۲۵۷
رویکرد مرسوم با چند مثال کوتاه ۲۵۹
رویکرد برمبنای تصویر ۲۶۰
سیستم‌های مرجع ۲۶۰
ایمپورت تصاویر تست و اصول رایج آن ۲۶۱
ایمپورت تصاویر تست DICOM ۲۶۲
شناسایی لبه یک دستگاه موازی ساز پرتو ۲۶۲
شناسایی مرکز یک بلبرینگ ۲۶۳
الگوی الگوریتم ۲۶۳
مراحل الگوریتم ۲۶۳
وارد کردن شاخص‌های پیکسل مرجع به صورت دستی ۲۶۶
ملزومات تصویربرداری MV ۲۶۷
تست اسپوک چرخش کلیماتور ۲۶۸
الگوی الگوریتم ۲۷۰
مراحل الگوریتم ۲۷۰
چرخش کلیماتور مرجع با زاویه ۹۰ درجه ۲۷۲

نقشه تست و جمع‌آوری داده ۲۷۲
تحلیل داده ۲۷۲
مراحل الگوریتم ۲۷۳
ایزوسنتر MV و صفحات آناتومیک مرجع ۲۷۴
ایزوسنتر kV ۲۷۶
بازوهای دتکتور MV، دتکتور kV و منبع kV ۲۷۷
مقیاس چرخش گانتری ۲۷۸
میزان عمود بودن انتقال تخت بیمار ۲۷۹
مقیاس انتقال تخت بیمار ۲۷۹
مقیاس چرخش مکعب ۲۷۹
فک‌های ثانویه (X,Y) و تست‌های MLC ۲۷۹
منابع ۲۸۰

**فصل نهم: مقایسه توزیع‌های دز روش گاما ۲۸۳**

مقدمه ۲۸۳
اهمیت مقایسه توزیع‌های دز در پرتودرمانی بالینی ۲۸۴
رویکردهای کمی و کیفی ۲۸۶
مبانی تئوریک روش گاما ۲۸۷
فرضیات، شرایط و تصمیمات ۲۸۸
فرمت‌های ایمپورت داده ۲۸۹
نرمال‌سازی داده ۲۸۹
تنها کسر شکست/موفقیت کافی است یا باید حتما مقدار دقیق گاما را بدانیم؟ ۲۹۲
توضیح اسکریپت‌های متلب که به منظور محاسبه شاخص گاما برای دو توزیع دز مشخص ارائه شده‌اند ۲۹۳
الگوی الگوریتم ۲۹۳
جایگزینی برای الگوریتم پایه محاسبه گاما ۲۹۷
الگوی الگوریتم: مختص به درون یابی ۳۰۱
محاسبه گاما – فقط کسر موفقیت /شکست ۳۰۴
توضیح اسکریپت‌های متلب با هدف محاسبه گاما برای دو توزیع دز مشخص ۳۰۵
الگوریتم پایه و حالت‌های دیگر آن – دو بعدی ۳۰۶
الگوریتم پایه – ۳ بعدی ۳۰۷
پردازش بیشتر نقشه‌های گاما ۳۱۱
مقدار متوسط گاما برای همه نقاط دز ارزیابی شده ۳۱۱
هیستوگرام گاما به عنوان یک تعمیم کلی برای آمارهای کسر موفقیت ۳۱۲

جایگزین معکوس برای هیستوگرام گاما ۳۱۲
مزیت‌ها و محدودیت‌های تحلیل گاما ۳۱۳
تفسیر نتیجه ۳۱۴
میزان حساسیت ورودی و میزان قدرتمندی خروجی ۳۱۵
مشخصات یک ارزیابی گاما خاص ۳۱۶
تناسب بالینی روش گاما ۳۱۷
روش‌های جایگزین ۳۱۸
منابع ۳۱۹

**فصل دهم: مثالی از مدلسازی لوازم جانبی در پرتودرمانی ۳۲۱**
مقدمه ۳۲۱
کاربردهای مدلسازی لوازم جانبی ۳۲۲
جلوگیری از برخورد ۳۲۲
تضعیف پرتوها به وسیله تخت بیمار (تاثیر تخت درمان بر تضعیف پرتوها) ۳۲۳
دز سنجی درون‌تنی ۳۲۳
نمونه‌ای از مدل تخت درمان ۳۲۵
کاربرد بالینی مدل ۳۲۷
الگوی الگوریتم ۳۲۷
درنظر گرفتن جنبه‌های عمومی دزسنجی درون‌تنی ۳۳۱
منابع ۳۳۲

**واژه یاب ۳۳۵**

# پیشگفتار مترجم

**به نام خداوند رحمت‌گر مهربان**

هدف ترجمه این اثر، ورود شما به دنیای پرچالش و جذاب فیزیک پرتودرمانی است که با استفاده از نرم‌افزارMATLAB، به حل مسائل بالینی بپردازید.

خوانندگان محترم می‌توانند اطلاعات تکمیلی و پیوندهای مفید کتاب را در سایت انتشارات به آدرس RPpub. ir (بخش پزشکی - دانلودها) مشاهده کنند. این پیوندها به شما این امکان را می‌دهند تا به مطالب و اطلاعات مرتبط با موضوع کتاب دسترسی داشته باشید.

در پایان، از تمامی افرادی که در ایجاد این اثر سهیم بوده و به بهبود این اثر کمک کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنم. امیدوارم که این کتاب برای شما لحظاتی خوشایند و آموزنده را به ارمغان بیاورد و اگر سوال یا نظری دارید، با ما از طریق ایمیل در ارتباط باشید.

**با احترام**

**فرشته خدادادی شوشتری**
Fereshteh.khodadadi387@yahoo.com

# پیشگفتار مولف

کتاب "فیزیک پرتودرمانی بالینی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB: یک رویکرد حل مسئله" نوشته پاول دوراک اولین کتاب از سری فیزیک پزشکی و مهندسی پزشکی است که به نرم‌افزار مورد استفاده فیزیک‌دان‌های پزشکی بالینی اختصاص‌یافته است.

باتوجه‌به روند سریع و ادامه‌دار پیشرفت تکنولوژی دستگاه‌های پزشکی و پروتکل‌های کاربر، محقق کردن هدف مورد نظر و رسیدن به جایگاه یک فیزیک‌دان پزشکی شایسته، تبدیل به امری دشوار شده‌است. اما یک نرم‌افزار خوب به همراه مهارت‌های برنامه‌نویسی، می‌توانند به طرق مختلفی کمک‌کننده باشند. متأسفانه کتاب‌های محدودی در این زمینه وجود دارد که این باعث می‌شود کسب مهارت بالا در برنامه‌نویسی توسط دانشجویان و پژوهشگران بالینی اغلب الزاماً موفقیت‌آمیز نباشد. اندک کتاب‌هایی که حاوی مثال‌هایی از اسکریپت‌های مختلف بوده و در عین آموزشی بودن کاربرد آن در محیط بالینی را نیز نشان می‌دهند، به‌اندازه کافی جامع و کامل نبوده و یا از فصاحت کمی برخوردارند. کتاب فیزیک پرتودرمانی بالینی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB: یک رویکرد حل مسئله، قصد دارد تا این شکاف را  با استفاده از نرم‌افزار MATLAB در فیزیک پرتودرمانی بالینی از بین ببرد.

در این کتاب، استاد دانشگاه به یک متن آموزشی ساختارمند و مثال‌هایی از مطالعات موردی واقعی دسترسی خواهد داشت که هدف از آن ارتقاء کیفیت ارائه مطالب و تعریف تکالیف کاربردی برای دانشجویان است. از طرف دیگر، دانشجو به یک متن آموزشی جذاب و درگیرکننده برای مطالعه فردی دسترسی خواهد داشت در عین اینکه دانشجوی شاغل فیزیک پزشکی، یک ابزار آموزشی برای ارتقاء هر چه بیشتر مهارت‌های خود، پیدا خواهدکرد. دکتر دوراک از یک رویکرد آموزشی جدی استفاده خواهد کرد که در آن نه‌تنها مطالعات موردی و راه‌حل‌های عملی را ارائه می‌کند؛ بلکه فرایند رسیدن از ایده به راه‌حل موردنظر را نیز کاملاً توضیح می‌دهد. این رویکرد، کسب مهارت‌های موردنیاز برای برنامه‌نویسی را به‌سادگی برای همه امکان‌پذیر خواهدکرد.

دکتر دوراک یک فیزیک‌دان پرتودرمانی بالینی بسیار باتجربه و البته پرمشغله است و من خالصانه از او تشکر می‌کنم که علی‌رغم مشغله زیاد، زمانی را به این دستاورد مهم آموزشی اختصاص داد و تخصص خود را در زمینه  MATLAB و پرتودرمانی با خوانندگان این کتاب به اشتراک گذاشت. من از او بسیار متشکرم چرا که یقین دارم که این کار اصلاً ساده نبوده است.

در آخر، دوست دارم برای خوانندگان این کتاب ساعات خوشی را آرزو کنم و به آن‌ها یادآوری کنم که برنامه‌نویسی، یک قدرت است!

**دکتر کارمل جی. کارونا**[1]
پروفسور و رئیس دپارتمان فیزیک پزشکی، دانشگاه مالتا
رئیس سابق کمیته تعلیم و تربیت، اتحادیه سازمان‌های فیزیک پزشکی اروپا
دستیار ویراستار در حوزه تعلیم تربیت در فیزیک پزشکی: physica Medica
ژورنال فیزیک پزشکی اروپا
عضو کمیته اعتبارسنجی: انجمن بین‌المللی صدور گواهینامه فیزیک پزشکی

## منابع

Caruana CJ, Christofides S, Hartmann GH. (2014). European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) policy statement 12.1: Recommendations on medical physics education and training in Europe 2014. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics* 30(6), 598.

Donini B, Rivetti S, Lanconelli N, Bertolini M. (2014). Free software for performing physical analysis of systems for digital radiography and mammography. *Medical Physics* May, 41(5), 051903.

Ferris MC, Lim J, Shepard DM. (2005). Optimization tools for radiation treatment planning in MATLAB, in: Brandeau ML, Sainfort F, Pierskalla WP (Eds.). *Operations research and health care. International Series in Operations Research & Management Science*, vol 70. Springer, Boston, MA.

Guibelalde E, Christofides S, Caruana CJ, Evans S, van der Putten W (Eds.). (2014). *European guidelines on the medical physics expert (Radiation Protection Series 174)*. Publications Office of the European Union, Luxembourg: European Commission.

Lyra M, Ploussi A, Georgantzoglou A. (2011). MATLAB as a tool in nuclear medicine image processing, in *MATLAB – A ubiquitous tool for the practical engineer*, Clara Ionescu (Ed.). InTech, DOI: 10.5772/19999.

Nowik P, Bujila R, Poludniowski G, Fransson A. (2015). Quality control of CT systems by automated monitoring of key performance indicators: A two-year study. *Journal of Applied Clinical Medical Physics* 16(4), 254–265.

[1] Carmel J. Caruana, PhD, FIPEM

# مقدمه

من این کتاب را نوشتم تا تجربیاتم را در حوزه حل مسائل پرتودرمانی با استفاده از نرم‌افزار متلب که طی سال‌ها فعالیت تحصیلی و بالینی آن را کسب کرده‌ام با شما به اشتراک بگذارم. در طول زمان تحصیل، آموزش و فعالیت‌های بالینی من همیشه به دنبال این بودم که تمام جزئیات را دررابطه با یک موضوع مشخص درک کنم و سپس از آن در زندگی کاری‌ام استفاده کنم. در شغلم اغلب با موقعیت‌ها و مشکلات غیر عادی‌ای مواجه می‌شوم که نیازمند راه‌حل‌های موضعی و مختص آن مسئله است. مشکلاتی که به سبب پیچیدگی‌های تکنولوژی و دستورالعمل‌ها، نیاز بیشتر برای مراقبت شخصی، تنوع زیاد بیماران و وضعیت بالینی آن‌ها، نقص‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و البته خطاهای انسانی، هر روز به‌سادگی رخ می‌دهند. این قبیل مسائل متمرکز برای دستیابی به یک راه‌حل و بی‌شک برای اتوماتیک شدن، نیاز به برنامه‌نویسی دارند. پلتفرم‌های برنامه نویسی مانند متلب تحقق این هدف را آسان‌تر کرده‌اند. من بسیار امیدوارم که به‌اشتراک‌گذاری کدهای متلب که من در طول ۱۰ سال گذشته باهدف آزمودن و حل مسئله ایجاد کرده‌ام به همراه توضیح کامل الگوریتم‌ها و فرایندهای تصمیم‌گیری باهدف اینکه اصول، روش‌ها و مهارت‌ها را خیلی سریع‌تر و کارآمدتر از آنچه من تجربه کرده‌ام کسب کنید و از آن بهره ببرید، برای شما همکاران جوان فیزیک پزشکی من کمک‌کننده باشد.

در این کتاب شما رابطه مستقیمی را میان داده‌های پرتودرمانی بالینی و نرم‌افزار متلب، حل‌های برنامه‌نویسی برای مسائل مربوط به مشکلات بالینی عملی و کدهای نوشته شده متلب که با داده‌های بالینی واقعی یا داده‌های خود شما که باید با شرایط لازم برای ورودی‌ها سازگار باشند پیدا خواهید کرد. فرض بر این است که شما تجربه‌ای در نرم‌افزار متلب ندارید و هدف این است که اطلاعات و راهنمایی به‌قدر کافی در اختیار شما قرار بگیرد؛ ازاین‌رو حاصل کار در پایان هر فصل برای خواننده کاملاً ملوس خواهد بود و او می‌تواند با این استفاده از این منابع آموزشی که به شکل عمومی و ساده ارائه شده و در دسترس او قرار گرفته، مسائل را به‌راحتی حل‌کند. نرم‌افزار متلب به سبب داشتن دستور زبان ساده و استاندارد و تنوع زیادی از توابع درون برنامه‌ای به‌عنوان پلتفرم محاسباتی انتخاب شده‌است؛ این توابع شما را از نوشتن برنامه‌های طولانی بی‌نیاز می‌کند. داده‌ها و کدهای نمونه در قسمت ضمیمه‌های تحت وب در بخش منابع دیجیتال قرار داده شده که همگام با فهرست کتاب تنظیم شده‌است. الگوریتم‌های کلیدی و نقاط تصمیم، بیشتر در قالب یک متن نوشتاری و گاهی به‌صورت کد نوشته شده متلب ارائه شده‌اند. در قسمت ضمیمه‌های تحت وب، کدهای نوشته‌شده با

متلب تکمیل‌تر شده و تمام الگوریتم‌هایی که در داخل کتاب توضیح داده شده‌اند، توضیحات متن ساختاریافته آن ارائه شده‌است.

رویکرد آموزشی انتخاب شده در این کتاب را می‌توان "فرایند تفکر گویا"[1] نامید. نویسنده به دنبال این است که فرایند فکرکردن خود را هم‌زمان با پیشبرد یک کد برنامه‌نویسی توضیح دهد چرا که قصد دارد آن‌ها را در دسترس خواننده قرار دهد. یک مسئله بیان می‌شود و سؤالاتی دقیق در مورد اینکه مسئله موردنظر چگونه تعریف شده مطرح می‌شوند و به دنبال آن سؤالاتی در مورد اینکه به چه ورودی و خروجی‌هایی برای یک راه‌حل کامپیوتری نیازمندیم، انواع ورودی‌های موردنظر ما چیست، راه‌حل‌های امکان‌پذیر به همراه مزایا و معایب آن‌ها و غیره، مطرح می‌شوند. در این مسیر، من امیدوارم که شما به‌عنوان خواننده این کتاب بپذیرید که از یک فرایند ساختارمندتر برای فکرکردن استفاده کنید و گاهی حتی ساده‌ترین مسائل را از یک زاویه متفاوت نگاه کنید. قرار نیست چرخ را دوباره اختراع کنیم؛ اما همیشه باید متوجه اصول اساسی که هر مشکلی از آن ناشی می‌شود باشیم و به‌سادگی تسلیم عمل به یک اقدام متداول و یک توصیه عمومی نشویم. اغلب هروقت سعی می‌کنم برای مسئله‌ای در حوزه فیزیک پرتودرمانی راه حلی پیدا کنم، با منابعی مواجه می‌شوم که از جزئیات کافی برای ایجاد یک کارکرد مؤثر برخوردار نیستند. تجربه من در مواجهه با اکثر کتاب‌ها این‌گونه بوده‌است که آن‌ها غالباً برای بیشتر موضوعات توضیحات سطحی گسترده‌ای را ارائه می‌کردند (علی‌رغم اینکه بیشتر خواننده را به خواندن از روی منابع ارجاع می‌دادند) درحالی‌که آنجا نیاز به دانش عمیق‌تری بوده‌است. ازاین‌رو من در این کتاب تلاش کردم به‌قدر کافی این نکات مقدماتی را برای خوانندگان ارائه‌کنم تا دیگر نیازی به مطالعه گسترده منابع پیشنهادی نداشته باشند. این کتاب با یک‌فصل مقدماتی دررابطه با نکات ضروری متلب آغاز شده و با ارائه مثال‌هایی از انواع داده‌های پرتودرمانی برمبنای ابعاد و استفاده از آن در کاربردهای ابتدایی ادامه پیدا می‌کند. دو فصل بعدی به مبحث تصویربرداری دیجیتال و انتقال داده در پزشکی می‌پردازد که با مثال‌هایی از بازسازی داده‌های مختص پرتودرمانی در متلب آغاز شده (مجموعه تصاویر، ساختارهای حجمی، برنامه‌های درمان، توزیع دز) و به مثال‌هایی از امکان‌پذیری اصلاح داده‌ها برای حل برخی مسائل، ختم می‌شود. فصل‌های باقی‌مانده هرکدام به تولید اسکریپت‌های متلب به‌منظور ایجاد راه‌حل‌های برنامه‌نویسی برای مسائل عملی فیزیک پرتودرمانی از قبیل جمع‌بندی دو برنامه درمان، ادغام حجم‌های هدف در مختصات ایستا و داینامیک (ردگیری هدف)، محاسبه ساده دز سه‌بعدی، مقایسه توزیع‌های دز با استفاده از تحلیل گاما، تضمین کیفیت تصویری پارامترهای مکانیکی اساسی یک شتاب‌دهنده خطی پزشکی عادی و مدل‌سازی کامپیوتری تحت درمان برای کاربرد دزسنجی درون تنی، اختصاص‌داده شده‌است. رویکرد اتخاذ شده در این کتاب که یادگیری با مثال واقعی[2] نام دارد،

[1] Thinking-aloud Process
[2] Learning-by-real-examples

برای دستیابی به یک پیشرفت عملی واقعی از طریق برنامه‌نویسی متلب در کارآزمایی بالینی، یک راهکار مؤثر است.

شیوه استفاده شما از این کتاب بستگی به این دارد که چه میزان در نرم‌افزار متلب برای استفاده از آن در حوزه پرتودرمانی تجربه دارید. اگر فکر می‌کنید سطحی که در آن قرار دارید مناسب است، شما می‌توانید مستقیماً از فصل‌های مطالعه موردی و حل مسئله شروع کنید. اما اگر از یک دانش عمومی در نرم‌افزار متلب برخوردار هستید و هنوز در حل مسائل پرتودرمانی از آن استفاده نکرده‌اید، مطالعه فصل‌های ابتدایی برای شما الزامی است. در این مورد، توصیه من به شما این است که فصل‌ها را به ترتیب پیش ببرید.

تفکر انتقادی و توجه به اصول اولیه، راهکاری است برای رسیدن به یک درک درست از کلیت فیزیک پزشکی. فهم مسئله روشی است برای حل مسئله و این درست حل کردن مسئله است که بین متوسط و خوب، تمایز ایجاد می‌کند.

فایل‌های متلب که حاوی داده‌ها و کدهای نمونه بوده را می‌توانید ازسایت https:// www.crcpress.com/9781498754996 دانلود کنید. (برای دانلود فایل‌ها از رمز **Cam5!El** استفاده کنید).

**دکتر پاول دوراک**[1]

نرم‌افزار متلب محصول تجاری و ثبت شده شرکت ,**MathWorks** است. برای دریافت اطلاعات در مورد این نرم‌افزار، از راه‌های ارتباطی زیر استفاده کنید:

شرکت **MathWorks**

آدرس: آمریکا، ایالت ماساچوست (۰۱۷۶۲۰۹۸)، ناتیک، اپل هیل درایو شماره ۳

تلفن: ۵۰۸۶۴۷۷۰۰۰

فکس: ۵۰۸۶۴۷۷۰۰۱

ایمیل: info@mathworks.com

وب‌سایت: www.mathworks.com

[1] Pavel Devorak, PhD

# درباره این مجموعه

مجموعه کتاب‌های مهندسی پزشکی و فیزیک پزشکی، کاربرد علم فیزیک، مهندسی و ریاضیات را در پژوهش‌های پزشکی و بالینی توضیح می‌دهد. این مجموعه به دنبال انتشار کتاب‌هایی با موضوعات زیر است (تنها به این موضوعات اکتفا نمی‌کند)

- اعضای بدن مصنوعی
- فن آوری کمکی
- بیوانفورماتیک
- تجهیزات ابزار دقیق پزشکی
- مواد زیستی
- مهندسی پزشکی
- مهندسی بالینی
- تصویربرداری
- ایمپلنت‌ها
- ریاضیات و محاسبات پزشکی
- ابزارآلات پزشکی/جراحی
- مانیتورینگ بیمار
- اندازه‌گیری فیزیولوژیکی
- پروتز
- محافظت پرتوی، فیزیک بهداشت پرتوی و دز سنجی
- مسائل مربوط به وضع قوانین
- مهندسی بازپروری
- داروهای ورزشی
- فیزیولوژی سیستم‌ها
- پزشکی از راه دور
- مهندسی بافت
- درمان

مجموعه کتاب‌های مهندسی پزشکی و فیزیک پزشکی یک مجموعه بین‌المللی است که به‌روزترین متون علمی این حوزه را که سریعاً در حال پیشرفت است فراهم می‌کند. کتاب‌های این

مجموعه در سطوح مختلفی تألیف شده است؛ از کتاب‌های دانشگاهی مقدماتی و هندبوک‌های عملی تا شرح و تفسیر پیشرفته پژوهش‌های در حال انجام. مجموعه کتاب فیزیک پزشکی و مهندسی پزشکی، مجموعه کتاب رسمی سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی است.

## سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی

سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی بیش از ۱۸۰۰۰ فیزیک‌دان پزشکی در سراسر جهان را نمایندگی کرده، بیش از ۸۰ سازمان ملی، ۶ سازمان منطقه‌ای و چندین شرکت در آن عضو هستند. فیزیک‌دانان پزشکی تمام سازمان‌های ملی عضو در این سازمان، به‌صورت خودکار در این سازمان نیز عضو می‌باشند.

مأموریت این سازمان، توسعه فعالیت‌های فیزیک پزشکی در سراسر جهان از طریق انتشار اطلاعات علمی و فنی، تقویت کردن سطح توسعه آموزشی و حرفه‌ای فیزیک پزشکی و فراهم‌کردن باکیفیت‌ترین خدمات برای بیماران است.

یک کنگره جهانی مهندسی پزشکی و فیزیک پزشکی هر سه سال یکبار با همکاری انجمن بین‌المللی مهندسی پزشکی و پزشکی و همچنین اتحادیه بین‌المللی علوم مهندسی و فیزیک در پزشکی، برگزار می‌گردد.

یک کنفرانس بین‌المللی منطقه‌ای با نام کنگره ملی فیزیک پزشکی، میان کنگره‌های جهانی برگزار می‌شود. سازمان جهانی فیزیک پزشکی از کنفرانس‌های بین‌المللی، کارگاه‌های آموزشی و دوره‌ها نیز حمایت مالی می‌کند.

سازمان‌های فیزیک پزشکی برنامه‌های مختلفی را برای کمک به فیزیکدانان پزشکی در کشورهای در حال توسعه دارند. برنامه کتابخانه‌ای یکپارچه این سازمان، ۷۵ کتابخانه فعال در ۴۳ کشور در حال توسعه را پشتیبانی می‌کند و همچنین هدف از برنامه «تجهیزات استفاده شده»[1]، اهدای تجهیزات است. برنامه «کمک سفر»[2]، مبالغی را در تعداد محدود با هدف کمک برای شرکت در کنگره های جهانی به این فیزیکدانان اهدا می‌کند.

سازمان بین‌المللی فیزیک پزشکی، ژورنال فیزیک پزشکی بالینی کاربردی را نیز به طور مشترک با دیگران حمایت مالی می‌کند. این سازمان سالی دو بار بولتن دنیای فیزیک پزشکی را به‌صورت دیجیتالی منتشر می‌کند. این سازمان همچنین روزنامه e-zine را تقریباً ۶ بار در سال به‌صورت دیجیتالی منتشر می‌کند. سازمان جهانی فیزیک پزشکی و انتشارات تیلور و فرانسیس[3] برای انتشار

[1] Used Equipments Programme
[2] Travel Assistance Programme
[3] Taylor & Francis

مجموعه کتاب‌های مهندسی پزشکی و فیزیک پزشکی با یکدیگر قرارداد بسته‌اند. اعضای این سازمان مشمول تخفیف می‌شوند.

سازمان جهانی فیزیک پزشکی با سازمان‌های بین‌المللی از قبیل سازمان جهانی سلامت، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و دیگر نهادهای حرفه‌ای از قبیل انجمن بین‌المللی محافظت پرتوی و کمیسیون بین‌المللی محافظت پرتوی باهدف توسعه فیزیک پزشکی و استفاده ایمن از دستگاه‌های پرتودرمانی و پزشکی همکاری می‌کند.

مشاوره‌هایی در راستای تحصیل، آموزش و توسعه حرفه‌ای برای فیزیک‌دانان پزشکی توسط سازمان جهانی فیزیک پزشکی ارائه شده که این سازمان با دیگر سازمان‌های حرفه‌ای در جهت توسعه سیستم گواهی‌شدهٔ حرفه‌ای که قابلیت ارائه جهانی را دارد همکاری می‌کند.

وب‌سایت سازمان جهانی فیزیک پزشکی حاوی اطلاعاتی دررابطه با تمام فعالیت‌های این سازمان، ابلاغیه‌های سیاست‌گذاری شماره ۱ و ۲ و سازمان جهانی فیزیک پزشکی: «بازنگری و مسیر پیشرو» است که تمامی فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده این سازمان را تبیین می‌کند.

# تقدیر و تشکر

نوشتن این کتاب بدون همراهی و پشتیبانی چشمگیر همکاران و دوستان نزدیک و خانواده‌ام کار بسیاری دشواری بود.

از کارمل کارونا به خاطر کمک ارزشمند او برای بررسی نوشتار، نحوه ارائه مطالب و محتوای کتاب بسیار سپاسگزارم. از واکلاو اسپوتک به‌خاطر مرور مطالب، ایجاد ریاضیات مربوط به الگوریتم ثبت نقطه‌ای و بالابردن انگیزه‌ام بسیار تشکر می‌کنم.

از ایو کواتیل به‌خاطر پیشنهاد طرح روی جلد بسیار ممنونم.

و البته از همسرم به‌خاطر حمایت‌هایش و صبر بی‌اندازه‌اش تقدیر فراوان می‌کنم.

# مخفف‌ها و اختصارات

**4DCT** تصویر توموگرافی کامپیوتری ۴ بعدی
**ASCII** کد استاندارد آمریکایی برای تبادل اطلاعات
**BED** دز موثر بیولوژیکی
**CAX** محور مرکزی (پرتو تابشی)
**CBCT** توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروطی
**CT** توموگرافی کامپیوتری
**CTV** حجم بالینی هدف
**DICOM** تصویربرداری دیجیتال و انتقال داده در پزشکی
**DRR** تصاویر رادیوگرافی بازسازی شده دیجیتالی
**DTA** تکنیک فاصله تا برابری
**DVH** هیستوگرام حجم – دز
**EPID** دستگاه تصویربرداری الکترونیک پرتال
**EPL** طول مسافت معادل
**FDA** سازمان غذا و دارو آمریکا
**FFF** بدون فیلتر هموارکننده
**FOV** میدان دید
**FWHM** عرض کامل در نصف مقدار بیشینه
**GUI** رابط گرافیکی کاربر
**HIS** سیستم اطلاعت بیمارستانی
**HU** واحد هانسفیلد
**IGRT** پرتودرمانی بر مبنای تصویر
**IMRT** پرتودرمانی با شدت مدوله شده
**ITV** حجم داخلی هدف
**LQ** خطی دوجمله‌ای (مدل)
**MLC** کلیماتور چند برگی
**MU** مانیتور یونیت
**OAR** عضو در معرض خطر / نسبت خارج از محور
**OIS** سیستم اطلاعات سرطان‌شناسی
**PTV** حجم طراحی هدف
**QA** تضمین کیفیت
**QC** کنترل کیفیت
**ROI** محدوده موردنظر
**RS** ساختارهای پرتودرمانی
**RT** پرتودرمانی
**R&V** سیستم ثبت و تصدیق
**SAD** فاصله محور مرجع
**SDD** فاصله دتکتور مرجع
**SIB** تقویت یکپارچه و هم‌زمان
**SSD** فاصله سطح مرجع
**TPS** سیستم برنامه‌ریزی درمان
**VOI** حجم موردنظر

# تعریف اصطلاحات

اصلاحاتی که در پایین تعریف شده‌اند تعریف دقیقی از آن‌ها نیستند؛ بلکه تنها روی جنبه‌های کلیدی مرتبط با موضوع این کتاب تأکید دارند.

**توموگرافی کامپیوتری ۴ بعدی**

یکی از رویکردهای ممکن برای مدیریت حرکت در پرتودرمانی که غالباً حرکت تنفسی را در برمی‌گیرد توموگرافی ۴ بعدی می باشد. این روش، با هدف درنظرگرفتن تغییر موقعیت تومور، شکل تومور و محیط اطراف آن به‌وسیله یک بعد دیگر مدل ۳ بعدی بیمار را گسترش می‌دهد. از نظر فنی، توموگرافی کامپیوتری ۴ بعدی مجموعه‌ای از چندین استاندارد است که در فازهای حرکتی (تنفس) مختلف به‌دست‌آمده است. یکی از راه‌های ممکن برای مشاهده توموگرافی کامپیوتری ۴ بعدی در قالب یک حلقه فیلم است. در این کتاب، توموگرافی کامپیوتری ۴ بعدی به‌عنوان نمونه‌ای از مرتب کردن تصاویر توموگرافی کامپیوتری و مجموعه تصاویر با فرمت DICOM، ارائه شده است.

**دز بیولوژیکی مؤثر**

دز بیولوژیکی مؤثر، مقدار اشعه استفاده شده در پرتودرمانی است که میزان حساسیت بافت به اشعه را در نظر می‌گیرد و با پارامترهای $\alpha$ و $\beta$ (مدل LQ)، دز جزئی، دز کل یا مدت کل درمان با هدف محاسبه تأثیر بیولوژیکی بر روی بافت مورد نظر، بیان می‌شود. مثال‌هایی از جمع ساده دزهای دو طرح درمان به‌صورت تک‌به‌تک (توزیع دز) در این کتاب ارائه شده است. دز بیولوژیکی مؤثر در بحثی دررابطه با محدودیت جمع‌کردن تک به تک دزهای ساده شده طرح درمان ذکر شده‌است.

**محور مرکزی (پرتو)**

محور مرکزی، مرجعی برای هندسه پرتو تابشی ایجاد می‌کند. از نظر فنی، این کار از طریق ارزیابی چرخش کلیماتور و مرکز هندسی دستگاه موازی‌ساز پرتو قابل انجام است. از روش‌هایی که این پارامتر بسیار مهم را برای تضمین کیفیت شتاب‌دهنده خطی تعیین می‌کند، مثال‌هایی ارائه شده‌است.

**کلیماتور (موازی‌ساز)**

دستگاه‌های موازی‌ساز برای یک شتاب‌دهنده خطی معمولی از اجزا مختلفی تشکیل شده که مهم‌ترین آن‌ها ابزارهای موازی‌ساز پرتو است: دو جفت (X و Y) فک ثانویه مستقل که شکل پرتو را مستطیلی می‌کنند و موازی‌ساز چندبرگی. فک‌های دستگاه موازی‌ساز یک پوشش اضافی برای

میدان‌های به شکل موازی‌ساز چندبرگی ایجاد کرده که از نشتی میان‌برگ‌ها و انتقال در محدوده خارج از میدان موردنظر جلوگیری می‌کند. از آن‌ها می‌توان برای شکل‌دهی پرتوها بدون موازی‌ساز چندبرگی استفاده کرد. در حالت داینامیک، آن‌ها قادرند شار پرتو را در مسیر حرکتش به‌صورت خطی مدوله کنند که باعث ایجاد خاصیت گوه‌ای بر روی توزیع دز در بدن بیمار می‌شود. در این کتاب، آزمون‌های تضمین کیفیت نقطه مرکزی محور چرخش کلیماتور و موقعیت قرارگیری فک‌ها به‌عنوان نمونه‌ای از یک برنامه تضمین کیفیت نیمه‌خودکار که بر اساس یک تحلیل تصویر اختصاصی است ارائه شده‌است.

**راه‌اندازی**

راه‌اندازی در پرتودرمانی یک فرایند معرفی تجهیزات جدید به‌منظور استفاده بالینی است. توصیه شده‌است که باید به‌صورت یک‌رویه رسمی و منسجم که آزمون‌های جامع برای کاربرد موردنظر را شامل می‌شود، باشد. راه‌اندازی باید به‌خوبی ثبت شود. یک مثال رایج از راه‌اندازی تجهیز پرتودرمانی، یک شتاب‌دهنده خطی و یا سیستم طراحی درمان است. اساساً، در سیستم طراحی درمان، ویژگی‌های ماشین درمان به‌منظور درست انجام‌دادن محاسبات مرتبط با دز باید با مدل پرتو مورد استفاده سازگاری داشته‌باشد. در این کتاب، برخی از جنبه‌های عملی راه‌اندازی که بعد از پذیرش و تضمین کیفیت دوره‌ای قبلی انجام می‌شود، بحث شده‌است.

**توموگرافی کامپیوتری**

توموگرافی کامپیوتری یک روش تصویربرداری سه‌بعدی بوده که مبنای آن باز ساخت ریاضیاتی داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از کامپیوتر است. در این کتاب، توموگرافی کامپیوتری معادل توموگرافی کامپیوتری با اشعه ایکس بوده‌است که بر مبنای تفاوت در تضعیف فوتون به وسیله بافت‌های با دانسیته الکترونی مختلف است. علاوه بر این حقیقت که این روش، دردسترس‌ترین روش تصویربرداری سه‌بعدی است، ماهیت تصویر آن که بر مبنای دانسیته الکترون است علت اصلی استفاده از مجموعه تصاویر توموگرافی کامپیوتری برای مدل سه‌بعدی بیماری در طراحی پرتودرمانی است.

**توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروطی**

برخلاف توموگرافی کامپیوتری عادی با اشعه ایکس که بر مبنای پرتو بادبزنی و حلقه دتکتور است، CBCT، توموگرافی کامپیوتری با استفاده از یک پرتو مخروطی و آشکارساز مسطح (صفحه‌ای) است. این حالت استاندارد شتاب‌دهنده خطی عادی حال حاضر است که در آن منبع اشعه ایکس و دتکتور مسطح بر روی گانتری (دروازه) شتاب‌دهنده خطی عمود بر محور پرتو درمان نصب شده‌اند. در مقایسه با حالت مرجع که توموگرافی کامپیوتری است، توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروطی در مقایسه با توموگرافی کامپیوتری پلنار مرجع، در IGRT استفاده می‌شود. در این کتاب توموگرافی

کامپیوتری با پرتو مخروطی به‌عنوان نمونه‌ای دیگر از تصاویر توموگرافی کامپیوتری که در آن پردازش بر مبنای اطلاعات سربرگ DICOM است، می‌تواند مفید باشد.

**هم صفحه**

هندسه پرتو هم صفحه یا در یک صفحه، متشکل از پرتوهایی با محور مرکزی در یک صفحه عرضی است. برای شتاب‌دهنده‌های خطی مرسوم، پرتوهای غیر هم صفحه، پرتوهایی با چرخش ایزوسنتریک غیر صفر تخت درمان می‌باشند. به‌طورکلی، استفاده از پرتوهای غیر هم صفحه، درجه آزادی بیشتری را برای بهینه‌سازی طرح درمان ایجاد می‌کند؛ اما با افزایش خطر برخورد تجهیزات به‌خصوص با بیمار در ارتباط است.

**عدد توموگرافی کامپیوتری**

مقادیر وکسل تصاویر توموگرافی کامپیوتری معمولاً به‌صورت اعداد توموگرافی کامپیوتری بیان می‌شوند که در طی فرایند بازسازی توموگرافی محاسبه شده‌اند. کاربرد اصلی اعداد توموگرافی کامپیوتری در این کتاب، کالیبراسیون دانسیته الکترونی توموگرافی کامپیوتری برای تصحیح ناهمگنی تک‌بعدی در مثال مربوط به محاسبه دز است.

**تصویربرداری دیجیتالی و تبادل اطلاعات در پزشکی**

DICOM، استاندارد تصویربرداری پزشکی و تبادل اطلاعات است که این اطمینان را ایجاد می‌کند که محصولات تولیدکننده‌های مختلف می‌توانند بر مبنای یک فرمت استاندارد از داده‌های ورودی و خروجی با یکدیگر کار کنند. فهم DICOM به ما کمک می‌کند تا نحوه کارکردن اشیا در پزشکی را متوجه شویم. DICOM و ماژول‌های مختص پرتودرمانی منبع مرکزی اطلاعات را برای غالب کاربردهای ارائه شده در این کتاب تشکیل می‌دهند.

**رادیوگراف باز ساخت شده دیجیتالی**

تصویر پروجکشن مسطح است که از طریق مدل وکسل سه‌بعدی بیمار که با استفاده از مجموعه تصاویر توموگرافی کامپیوتری ایجاد شده، محاسبه می‌شود. این رادیوگراف‌ها برای یک منبع مشخص و یک موقعیت صفحه بازسازی‌شده ایجاد می‌شوند. در پرتودرمانی فوتونی رایج، منظور منبع MV (پرتو درمان) یا kV (پرتو تصویربرداری) و صفحه عمود بر محور پرتو از طریق ایزوسنتر ماشین درمان است. یک رادیوگراف باز ساخت شده دیجیتالی مشخص با تصویر اشعه ایکس واقعی متناظر که با استفاده از دتکتور مسطح MV یا kV روی یک ماشین درمان به‌دست‌آمده، مقایسه می‌شود و سپس به موقعیت صفحه مشابه به‌عنوان DDR محاسبه شده مرجع مقیاس می‌شود تا موقعیت بیمار (یا هدف) را تصدیق کند.