

تصویرنگاری پزشکی: سیستم‌های موجود و روشهای مطرح در تحلیل تصاویر

حمید سطنیان زاده^۱

چکیده: به تصویر کشیدن ساختارهای داخلی بدن انسان و استخراج اطلاعات کمی از آنها در تشخیص بسیاری از بیماریها و ارزیابی نتایج درمان نقش کلیدی دارد. در این مقاله ابتدا به اختصار مهم‌ترین روشهای تصویرنگاری پزشکی معرفی و سپس، کاربردهای آنها به همراه مزایا و معایبشان بیان شده است. همچنین، نمونه‌هایی از پژوهشهای اخیر در زمینه پردازش کامپیوتری و تحلیل کمی تصاویر پزشکی مطرح و در این خصوص، جداسازی بافتهای مختلف، بخش‌بندی ساختارهای مغزی، استخراج و ارزیابی فیبرهای عصبی، تخمین میزان مواد شیمیایی در بافتها و در کنار هم گذاشتن اطلاعات استخراج شده از تصاویر مختلف ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده از پژوهشهای اخیر بیانگر آن است که سیستم‌های تصویرنگاری پزشکی و تحلیل تلفیقی آنها می‌توانند در شناسایی بیماریها و ارزیابی نتایج درمان به پزشکان بسیار کمک کنند. انتظار می‌رود پژوهشهایی که در زمینه ارتقای کیفیت و تواناییهای سیستم‌های موجود، ارائه سیستم‌های جدید و استخراج اطلاعات کمی از تصاویر در حال اجرا هستند، در کاهش نیاز به روشهای تهاجمی و افزایش دقت در روشهای غیر تهاجمی نقش اساسی داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: تصویرنگاری پزشکی، تشدید مغناطیسی، سونوگرافی، پزشکی هسته‌ای، پرتو ایکس، سی تی اسکن، تحلیل داده، تشخیص بیماری، ارزیابی درمان.

۱. استاد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران، تهران، ایران. hszadeh@ut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۵/۴)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۵/۳۰)

۱. مقدمه

انسان برای کسب اطلاع از وضعیت بافتها و ساختارهای داخلی بدن خود از ابزارها و روشهای متنوعی استفاده می‌کند. تصویرنگاری پزشکی از سر راست‌ترین و مؤثرترین این روشهاست. بیش از یکصد و هفده سال پیش ویلهلم کونراد رونتگن^۱ در سال ۱۸۹۵ میلادی اشعه ایکس را کشف کرد و نشان داد که با استفاده از آن می‌توان تصویر دو بعدی، که نشان دهنده ساختارهای سه بعدی داخل بدن است، تهیه کرد [۱]. طولی نکشید که برای تشخیص بیماریها از تصویربرداری استاتیک با اشعه ایکس (رادیوگرافی) و تصویربرداری دینامیک با اشعه ایکس (فلوروسکوپی) در بیمارستانها استفاده شد و هنوز هم از این روش استفاده می‌شود. محدودیت این روشها تصویر کردن ساختارهای سه بعدی بر رویهم در یک تصویر دو بعدی بود که توجه دانشمندان را در رفع این محدودیت به خود جلب کرد. در سال ۱۹۷۲ گادفری هانزفیلد^۲ موفق شد تصویرهای دو بعدی از برشهای خاصی از بدن را با ترکیب تعدادی از تصاویر رادیوگرافی تولید کند که این کار سی‌تی‌اسکن^۳ نامیده شد. این نوآوری تحول گسترده‌ای در تصویرنگاری پزشکی ایجاد کرد و لذا، در سال ۱۹۷۹ به هانز فیلد و کورمک^۴ جایزه نوبل در پزشکی اهدا شد.

همان‌طور که رادیوگرافی و سی‌تی‌اسکن پس از کشف اشعه ایکس توسعه یافتند، در سال ۱۸۹۶ انتونی هنری بکورل^۵ تصویرنگاری پزشکی هسته‌ای را نیز پس از کشف مواد رادیواکتیو ابداع کرد. ابتدا مواد رادیواکتیو برای درمان سرطان مورد توجه قرار می‌گرفت تا اینکه در سال ۱۹۲۳ جورج دهوسی^۶ نشان داد که با این مواد می‌توان در باره فیزیولوژی بدن مطالعه کرد. در سال ۱۹۴۹ بندیکت کاسن^۷ اولین سیستم تصویرنگاری پزشکی هسته‌ای را به کار برد و در سال ۱۹۵۲ هال انگر^۸ دوربین مناسبی برای استفاده در این سیستم ساخت. ماده رادیواکتیوی که در این تصویرنگاری بیشترین استفاده را دارد، تکنسیم - ۹۹ - مایبیدیم^۹ است که پرییر و امیلیو سگری^{۱۰} آن را کشف کردند.

1. Wilhelm Conrad Roentgen
2. Godfrey Hounsfield
3. Computed Tomography (CT) Scan
4. Cormack
5. Antonie Henri Becquerrel
6. George de Hevesy
7. Benedict Cassen
8. Hal Anger
9. Technetium-99m
10. Perrier and Emilio Segre

بیش از یکصد سال قبل لورد ژان ریلی^۱ تعامل امواج صوتی با مواد را توصیف کرد، اما سیستم‌های تصویرنگاری پزشکی با امواج ماورای صوت^۲ ریشه در سیستم‌های سوناری دارند که در جنگ جهانی دوم از آنها استفاده می‌شد. استفاده از این سیستم‌ها در دهه ۱۹۶۰ با تولید سیگنال‌های یک بعدی شروع شد و امروزه، تصاویر دو بعدی و سه بعدی از ساختارهای ساکن و متحرک درون بدن (مثل قلب) تولید می‌شود.

پایه سیستم‌های تصویرنگاری تشدید مغناطیسی^۳، تشدید مغناطیسی هسته^۴ است که کشف آن توسط فیلکس بلاک^۵ و ادوارد پورسل^۶ جایزه نوبل فیزیک را در سال ۱۹۵۲ میلادی برایشان به ارمغان آورد. این موضوع را ریچارد ارنست^۷ ادامه داد و جایزه نوبل شیمی را در سال ۱۹۷۱ میلادی از آن خویش ساخت. ریموند دامادیان^۸ در سال ۱۹۷۱ در مقاله‌ای تصویربرداری پزشکی را با استفاده از تشدید مغناطیسی هسته مطرح کرد. این موضوع با مقاله پال لاتربر^۹ در سال ۱۹۷۳ میلادی و تلاش‌های پیتر منزفیلد^{۱۰} ادامه یافت و تصویرنگاری تشدید مغناطیسی را تحقق بخشید و در سال ۲۰۰۳ میلادی جایزه نوبل پزشکی به لاتربر و منزفیلد اهدا شد [۲].

در این مقاله ابتدا به اجمال روش‌های پایه تصویرنگاری پزشکی معرفی و مزایا و معایب آنها مطرح شده است و سپس، روش‌های نوینی که کاربردهای آنها در پژوهش‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند، بیان شده است. در ادامه راهکارهای استخراج اطلاعات از تصاویر پزشکی و تحلیل تلفیقی آنها و در انتها نتیجه‌گیری، بحث و مسیر پژوهش‌های آینده ارائه شده است.

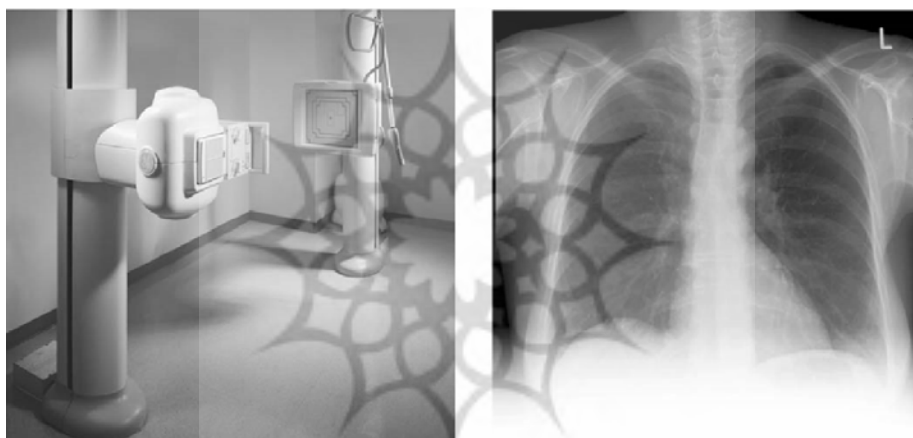
۲. کاربردها، مزایا و معایب روش‌های تصویرنگاری پزشکی

۱. ۲. رادیوگرافی

ایجاد تصاویر دوبعدی از ساختارهای سه بعدی بدن با پرتو ایکس در همه جای دنیا رایج است. در این روش، پرتو ایکس از یک طرف به بدن تابانده می‌شود و پرتو خارج شده از طرف دیگر ثبت می‌شود. با

1. Lord John Rayleigh
2. Ultrasound
3. Magnetic Resonance Imaging
4. Nuclear Magnetic Resonance
5. Felix Block
6. Edward Purcell
7. Richard Ernst
8. Raymond Damadian
9. Paul Lauterbur
10. Peter Mansfield

توجه به اینکه میزان عبور پرتو ایکس از بافت‌های مختلف بدن متفاوت است، شدت روشنایی تصویر ایجاد شده برای بافت‌های مختلف متفاوت و تابعی از ضریب تضعیف آنهاست. برای ارزیابی وضعیت بخش‌های گوناگون بدن از جمله دندانها، استخوانها، ریه، پستان و رگهای قلب از این روش استفاده می‌شود. این تصاویر به صورت استاتیک یا دینامیک تهیه می‌شوند. در گذشته تصاویر به دست آمده به صورت سنتی بر روی فیلم رادیوگرافی چاپ می‌شدند، ولی امروزه بیشتر به صورت دیجیتال در کامپیوتر ذخیره و رؤیت می‌شوند. با توجه به اینکه پرتوهای ایکس می‌توانند در بدن یونیزاسیون ایجاد کنند، توصیه می‌شود از آنها هر چه کمتر استفاده شود. در شکل ۱ یک نمونه از تصویر قفسه سینه و یک دستگاه رادیو گرافی نشان داده شده است.

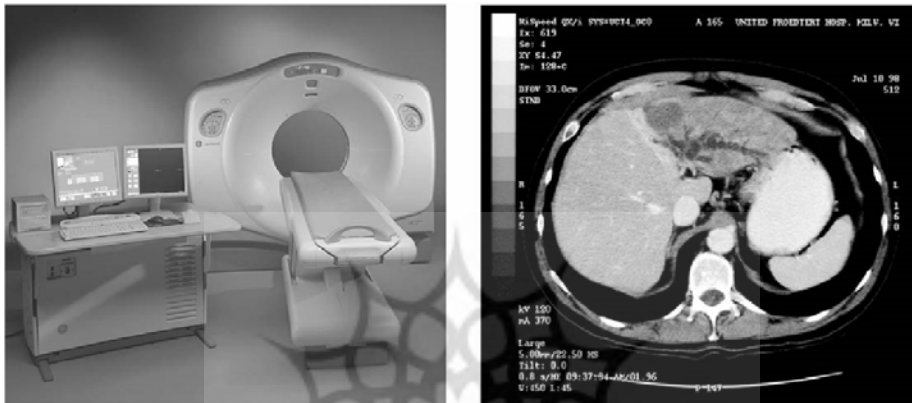


شکل ۱: یک نمونه از تصویر قفسه سینه و یک دستگاه رادیو گرافی، برگرفته شده از مرجع [۲]

۲.۲. سی تی اسکن

دستگاه‌های سی تی اسکن از روی تعداد زیادی تصویر دو بعدی که از ساختارهای سه بعدی بدن از جهت‌های گوناگون می‌گیرند، تصاویر برش‌های مختلف بدن را ایجاد می‌کند. فناوری این دستگاهها در سالهای اخیر پیشرفتهای زیادی داشته است، به طوری که دستگاههای امروزی بسیار سریع‌تر از دستگاههای ابتدایی این‌گونه تصاویر را تولید می‌کنند. تقریباً از تمام اعضای بدن می‌توان با دستگاههای سی تی اسکن تصاویر سه بعدی گرفت. میزان تمایز بافتها در این روش هم تابعی از اختلاف ضریب جذب آنها در مقابل پرتوهای ایکس است. اما به دلیل اینکه بافت‌های مختلف در تصویر رویهم نمی‌افتند، این‌گونه تصاویر اطلاعات جامع‌تر و دقیق‌تری نسبت به تصاویر رادیوگرافی در اختیار

می‌گذارند. در این روش هم باید اثر یونیزه کنندگی پرتوهای ایکس را فراموش نکرد و استفاده از آن را کم کرد. در شکل ۲ یک نمونه از تصویر برشی از شکم که شامل جگر است و یک دستگاه سی تی اسکن نشان داده شده است.



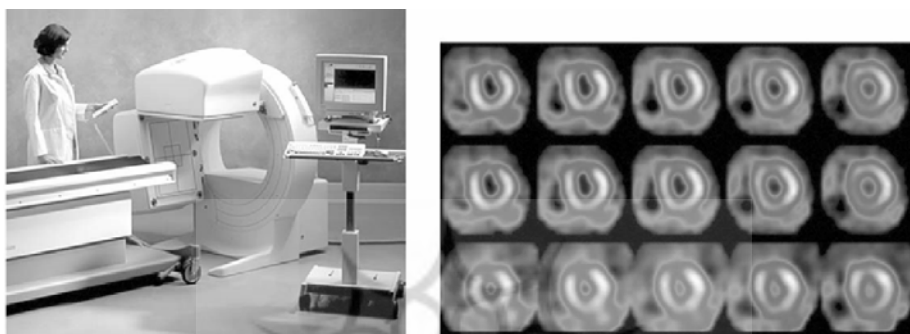
شکل ۲: یک نمونه از تصویر برشی از شکم که شامل جگر است و یک دستگاه سی تی اسکن، برگرفته شده از مرجع [۲]

۳.۲. تصویرنگاری پزشکی هسته‌ای

در این روش ماده‌ای رادیو اکتیو به بدن تزریق می‌شود و پرتوهای گامایی که از این مواد در داخل بدن ساطع می‌شوند، به خارج از بدن می‌رسد و به وسیله آشکارسازهای دستگاه تصویربرداری ثبت می‌شوند. بدین‌گونه تصاویر دو بعدی از ساختارهای سه بعدی بدن به دست می‌آیند که سینتی گراف^۱ نامیده می‌شوند. در صورتی که آشکارسازها در جهت‌های مختلف این پرتوها را ثبت کنند، می‌توان از روی داده‌های ثبت شده تصاویر مقطعی بدن را بازسازی کرد. بسته به اینکه ماده رادیو اکتیو مورد استفاده به‌طور مستقیم پرتوهای گاما تولید کند یا با انتشار پوزیترون باعث تولید دو پرتو گاما بشود که با زاویه 180° نسبت به یکدیگر منتشر می‌شوند، دستگاه‌های اسپکت^۲ و پت^۳ تصاویر مقطعی را تولید می‌کنند. کاربردهای تصاویر پزشکی هسته‌ای شامل ارزیابی وضعیت تیروئید، ماهیچه‌های قلب،

-
1. Scintigraph
 2. Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)
 3. Positron Emission Tomography (PET)

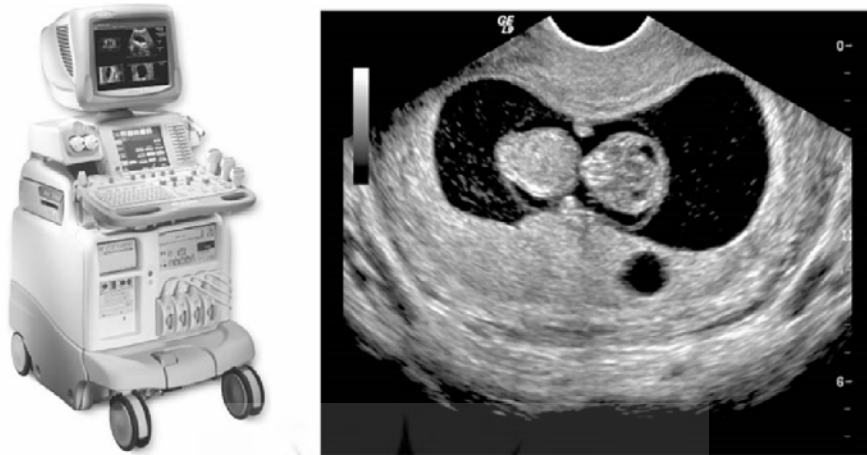
مغز، کلیه، کبد و انتشار سرطان در بدن است. به دلیل نیاز به تزریق مواد رادیو اکتیو به بدن، استفاده از این روش هم باید در حد ضرورت صورت گیرد. علاوه بر این، گرچه حساسیت این روش بالاست، اما دقت مکانی تصاویر به دست آمده پایین است و لذا، در همه موارد نمی‌توان به این تصویربرداری بسنده کرد. در شکل ۳ یک نمونه از تصاویر مقطعی از ماهیچه‌های قلب و یک دستگاه اسپکت نشان داده شده است.



شکل ۳: یک نمونه از تصاویر مقطعی از ماهیچه‌های قلب و یک دستگاه اسپکت، برگرفته شده از مرجع [۲]

۴.۲. سونوگرافی

دستگاههای سونوگرافی معمولاً کوچک و قابل حمل هستند. این دستگاهها با استفاده از مبدلهای پیزو الکتریک پرتوهای ماورای صوت با فرکانس یک تا بیست مگا هرتز تولید و در بدن منتشر می‌کنند. همین مبدلهای پرتوهای بازگشتی از بدن را آشکار می‌کنند و در اختیار کامپیوتر دستگاه قرار می‌دهند. تصاویر مقطعی بدن از روی سیگنالهای دریافتی ساخته می‌شوند و در اختیار کاربر قرار می‌گیرند. مادامی که انرژی پرتوهای ماورای صوت در حد مجاز باشد، تاکنون نشان داده نشده است که این پرتوها ضرر خاصی برای بافتهای بدن داشته باشند. علاوه بر این، می‌توان با این دستگاه از بخشهای متحرک بدن از قبیل ماهیچه‌های قلب و خون جاری در عروق تصویربرداری کرد. هزینه تصویربرداری هم نسبتاً کم است. بنابراین، سونوگرافی از روشهای جذاب و پر کاربرد است. یکی از محدودیتهای استفاده از این روش نفوذ نکردن مناسب پرتوهای ماورای صوت در استخوان و هوای داخل بدن است که اجازه تصویربرداری از اسکلت، مغز و ریه را نمی‌دهد. محدودیت دیگر آن کم بودن دقت مکانی و کیفیت تصاویر به دست آمده از این روش در مقایسه با روشهای دیگر است که موجب شده است نتوان در همه موارد به نتایج سونوگرافی اکتفا کرد. در شکل ۴ یک نمونه از تصاویر مقطعی گرفته شده از جنین و یک دستگاه سونوگرافی نشان داده شده است.



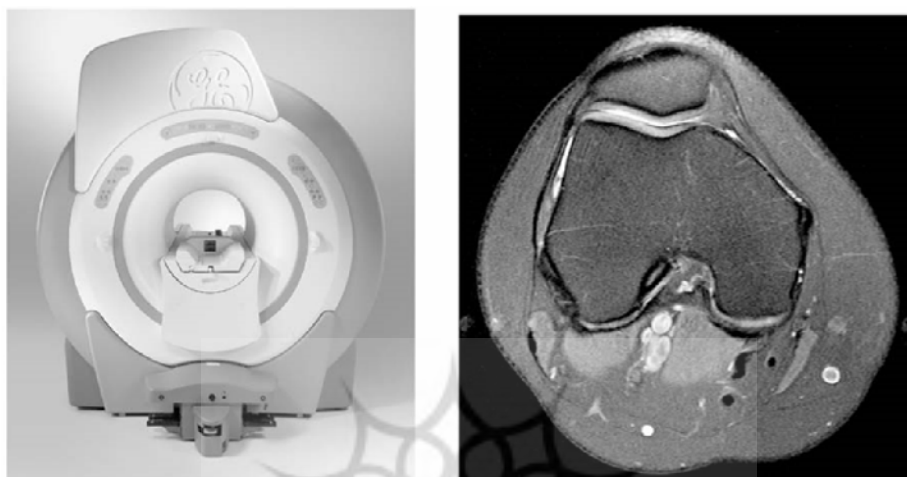
شکل ۴: یک نمونه از تصاویر مقطعی گرفته شده از جنین و یک دستگاه سونوگرافی، بر گرفته شده از مرجع [۲]

۵.۲. تصویرنگاری تشدید مغناطیسی

در این روش با اعمال یک میدان مغناطیسی خیلی قوی (معمولاً در حد یک تسلا و بالاتر) و میدانهای الکترومغناطیسی متغیر با زمان، اسپینهای اتمهای هیدروژن تحریک می‌شوند و سپس، سیگنالهای منتشر شده از بازگشت اسپینها به حالت اولیه ثبت می‌شوند. سپس، از روی سیگنالهای ثبت شده تصاویر مقطعی بدن تولید می‌شوند. با توجه به اینکه سیگنالهای دریافتی تابعی از پارامترهای مختلف بافتها از قبیل زمان استراحت طولی (T1)، زمان استراحت عرضی (T2)، دانسیته پروتونها (ρ)، ضریب انتشار مولکولهای آب در بدن (D)، جابه‌جایی مایعات داخل بدن مثل عبور خون در رگها، میزان اکسیژن موجود در مویرگها و مواد شیمیایی داخل بافتها هستند، می‌توان تصاویر متنوعی از بدن تولید کرد. بنابراین، از تصویرنگاری تشدید مغناطیسی نه تنها برای ارزیابی آناتومی بدن، بلکه برای ارزیابی ساختارهای ریز بدن، وضعیت عروق و خون رسانی، میزان مواد شیمیایی و فعالیت سلولهای مغزی استفاده می‌شود. تنوع تصاویری که از این روش به دست می‌آیند، باعث شده است که چالشهای بسیاری در استفاده بهینه از این تصاویر مطرح شود.

شایان ذکر است که در بسیاری از موارد، تولید تصاویر تشدید مغناطیسی و استخراج اطلاعات مفید از سیگنالهای دریافتی و تصاویر ایجاد شده نیاز به الگوریتمهای پردازشی پیچیده دارد. بنابراین، پژوهشهای زیادی در این زمینه انجام شده که در ادامه برخی از آنها بیان شده است. در شکل ۵ یک

نمونه از تصویر مقطعی گرفته شده از زانو و یک دستگاه تصاویر نگاری تشدید مغناطیسی نشان داده شده است.



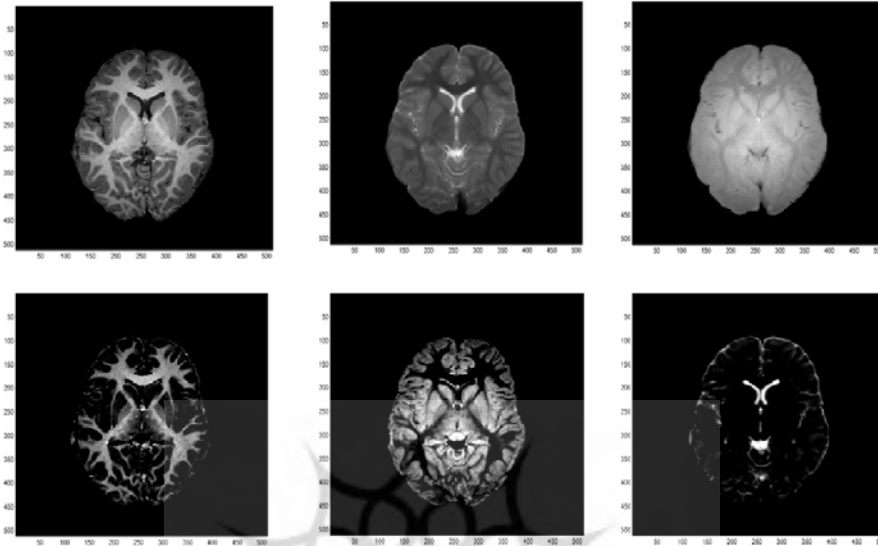
شکل ۵: یک نمونه از تصویر مقطعی گرفته شده از زانو و یک دستگاه تصاویر نگاری تشدید مغناطیسی، برگرفته شده از مرجع [۲]

۳. تحلیل تصاویر پزشکی

۱. ۳. جداسازی بافتها و تخمین حجم آنها

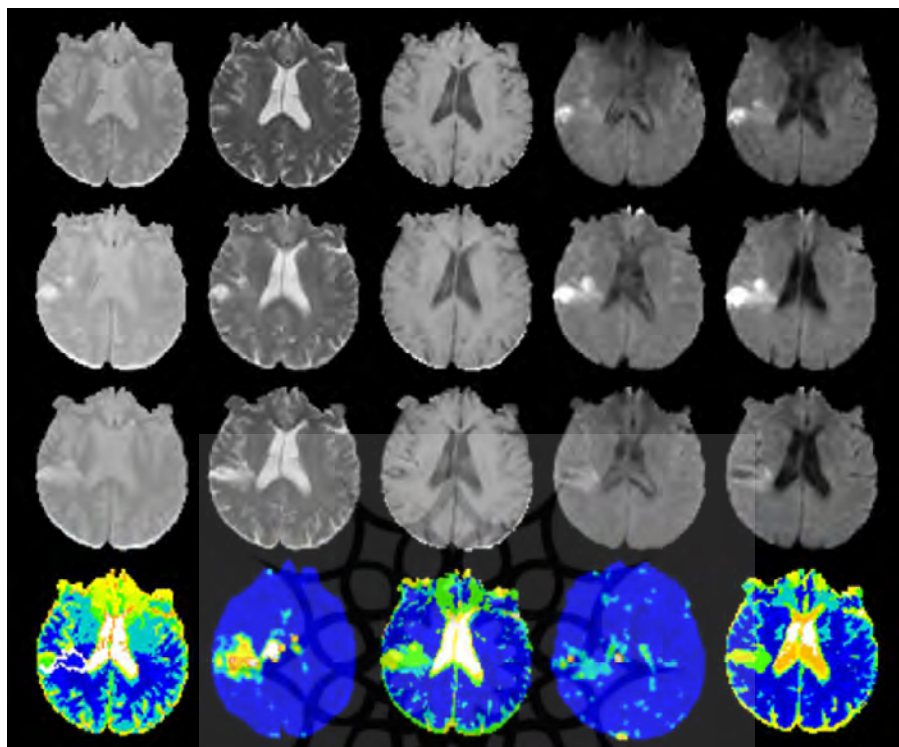
با استفاده از دستگاه تصویرنگاری تشدید مغناطیسی می‌توان از یک مقطع از بدن تصاویر مختلفی ایجاد کرد که شدت روشنایی این تصاویر متأثر از پارامترهای خاصی از بافتهای بدن باشند. در شکل ۶ یک نمونه از این تصاویر از مغز انسان نشان داده شده است. در ردیف اول این شکل از راست به چپ به ترتیب تصاویر با وزن دانسیته پروتون، زمان استراحت عرضی (T2) و زمان استراحت طولی (T1) نشان داده است. علاوه بر ارزیابی کیفی این تصاویر با چشم، به راهکارهایی برای استخراج اطلاعات کمی از آنها توجه شده است. نمونه‌ای از اطلاعات کمی که در ارزیابی وضعیت مغز مفید است، حجم بافتهای اصلی مغز (ماده سفید، ماده خاکستری و مایع مغزی - نخاعی) است. در این خصوص، مقدار هر کدام از این بافتها در هر المان حجمی^۱ را می‌توان تخمین زد و تصاویر نشان داده شده در ردیف دوم شکل ۶ را به ترتیب برای مایع درون مغزی، ماده خاکستری و ماده سفید تشکیل داد [۳]. این تخمین با کمینه کردن مجموع مربعات خطا به دست آمده است و با جمع کردن شدت روشنایی این تصاویر می‌توان حجم بافتها را تخمین زد.

1. Volume Element (Voxel)



شکل ۶: تصاویر تشدید مغناطیسی مغز انسان (ردیف اول) و تخمین میزان حضور ماده سفید، ماده خاکستری و مایع مغزی - نخاعی (ردیف دوم)

۳.۲. شناسایی بافتهای صدمه دیده و پیش‌بینی وضعیت آینده آنها
علاوه بر تصاویر ارائه شده در زیر بخش قبل، با دستگاه تصویرنگاری تشدید مغناطیسی می‌توان تصاویری ایجاد کرد که شدت روشنایی آنها متأثر از میزان انتشار^۱ مولکولهای آب در بافتها باشد. این تصاویر در کاربردهای مختلف از جمله ارزیابی وضعیت بافتهای مغز پس از بروز سکته مغزی قابل استفاده هستند. همان‌طور که در تصاویر ردیف اول شکل ۷ مشاهده می‌شود، تصاویر با وزن دانسیته پروتون، زمان استراحت طولی و زمان استراحت عرضی، بافتهای صدمه دیده در سکته مغزی را در ساعتهای اول بروز سکته نشان نمی‌دهند، اما تصاویر با وزن انتشار آن را به خوبی نشان می‌دهند. علاوه بر این، با ترکیب اطلاعات موجود در تصاویری که بلافاصله بعد از وقوع سکته مغزی گرفته شده‌اند، می‌توان پیش‌بینی کرد که چه بخشی از بافتها با گذشت زمان به حالت نسبتاً طبیعی باز می‌گردند و چه بخشی کاملاً از بین می‌روند (شکل ۷ ردیف آخر)[۴].



شکل ۷: ارزیابی وضعیت بافت‌های مغز پس از بروز سکته مغزی

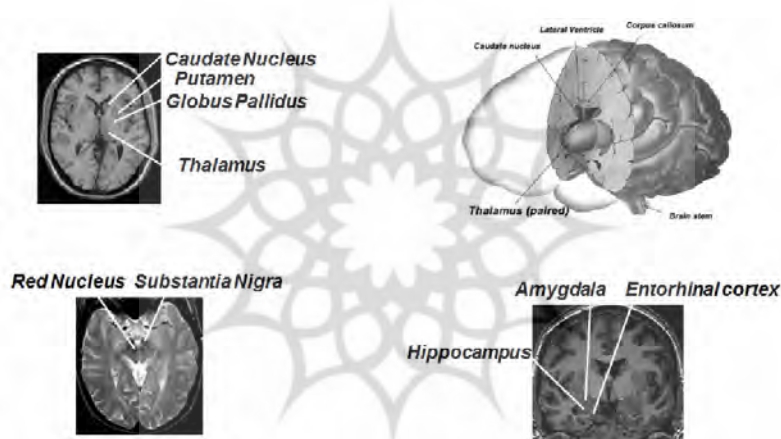
در شکل ۷ در ردیف‌های اول تا سوم از راست به چپ به ترتیب دو تصویر با وزن انتشار و سه تصویر با وزن زمان استراحت طولی، زمان استراحت عرضی و دانسیته پروتون به ترتیب در ساعت‌های اول بروز سکته، چند روز بعد و چند ماه بعد نشان داده شده است. ردیف آخر تصاویر ترکیبی به‌دست آمده از تصاویر ساعت‌های اول بروز سکته برای پیش‌بینی بافت‌هایی است که با گذشت زمان به حالت نسبتاً طبیعی باز می‌گردند و آنهایی که از بین می‌روند.

۳.۳. بخش بندی ساختارهای مغزی و کاربرد آن در بیماری صرع

از روی تصاویر تشدید مغناطیسی با وزن T1 می‌توان ساختارهای خاصی از مغز را جدا و به‌صورت کمی ارزیابی کرد. ساختارهایی مثل هسته قرمز^۱ و سابستنسیا نیگرا^۲ در ارزیابی بیماری پارکینسون^۳

1. Red Nucleus
2. Substantia Nigra
3. Parkinson

مورد توجه هستند. همچنین، ساختارهایی مثل هیپوکامپ^۱، آمیگدال^۲ و اینتروهاینال کورتکس^۳ در ارزیابی بیماری صرع لوب جانبی^۴ مطرح هستند. در شکل ۸ این ساختارها نشان داده شده است. جداسازی ساختارهای مغزی را می‌توان با استفاده از نرم افزارهای در دسترس به صورت دستی و با استفاده از موشواره^۵ انجام داد. اما این کار زمانبر است و نتایج به شخصی بستگی دارد که جداسازی دستی را انجام می‌دهد. بنابراین، توسعه نرم افزارهایی که این جداسازی را به‌طور خودکار انجام دهند، مورد توجه پژوهشگران بوده و هست. واضح نبودن مرزهای ساختارها، نویز تصویر، آثار ناشی از وجود چند نوع بافت در یک المان حجمی از جمله عواملی هستند که توسعه روشهای خودکار را دشوار می‌کنند [۵].

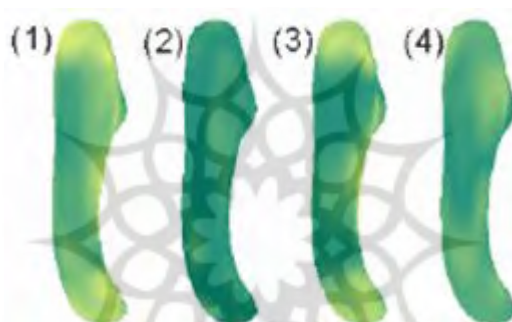


شکل ۸. ساختارهای مغزی در که ارزیابی بیماریهایی از قبیل پارکینسون و صرع لوب جانبی مطرح هستند.

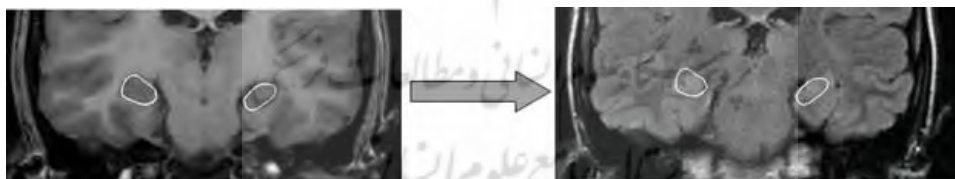
پس از جداسازی ساختارهای مغزی می‌توان نمایش سه بعدی از آنها ایجاد و ویژگیهای هندسی (شکلی) و شدت روشنایی آنها در تصاویر مختلف را بررسی و مقایسه کرد (شکل ۹). شکل ۱۰ نشان می‌دهد که پس از انطباق^۶ تصویر فلیر^۷ بر تصویر با وزن T1، مرزهای هیپوکامپ بر روی آن قرار

1. Hippocampus
2. Amygdala
3. Entorhinal Cortex
4. Temporal Lobe Epilepsy
5. Mouse
6. Registration
7. FLAIR

می‌گیرد. هنگامی که این کار برای تصویر اسپکت^۱ هم انجام شود، با استفاده از ویژگیهای این تصاویر می‌توان وضعیت بیماران صرع لوب جانبی را ارزیابی کرد. برای مثال، می‌توان بیمارانی را که منشأ بیماری صرع آن هیپوکامپ چپ است، از آنهایی که منشأ بیماری آنها هیپوکامپ راست است، تمیز داد. این تمایز نقش تعیین کننده‌ای در تشخیص درست کانون صرع و معالجه بیماران از طریق جراحی دارد. امروزه، تلاشهای زیادی در خصوص کمینه کردن استفاده از راهکارهای تهاجمی (مثل کاشت الکتروود داخل مغز) برای تشخیص کانون صرع انجام می‌شود که پژوهشهای اخیر در تحلیل کمی تصاویر پزشکی برای این منظور صورت گرفته است [۶ و ۷]. استخراج ویژگیهای بافت تصویر با اعمال تبدیل موجک^۲ و استفاده از آن در کنار ویژگیهای دیگر در افزایش دقت نتایج مؤثر است.



شکل ۹: نمایش سه بعدی هیپوکامپ که تغییرات آن نسبت به حالت طبیعی با رنگ نشان داده شده است.

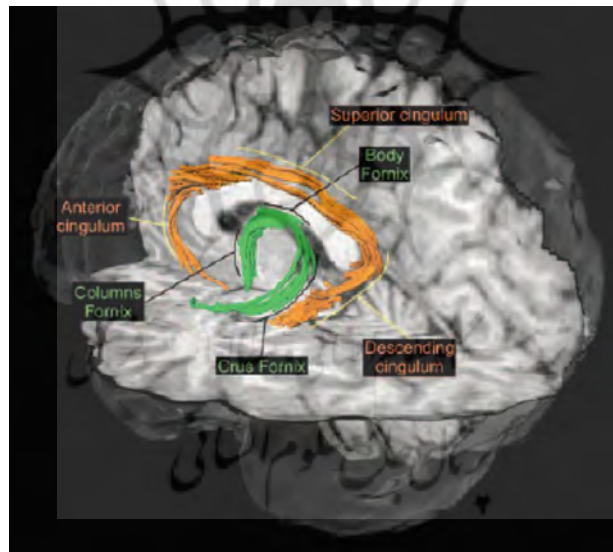


شکل ۱۰: پس از انطباق تصویر فلیر بر تصویر T1، مرزهای هیپوکامپ را می‌توان بر روی آن قرار داد.

1. SPECT
2. Wavelet Transform

۳.۴. ارزیابی فیبرهای عصبی با استفاده از تصاویر انتشار تشدید مغناطیسی با اعمال گرادیانهای خاص در شدت میدان مغناطیسی ثابت دستگاه تصویرنگاری تشدید مغناطیسی می‌توان تصاویری تشکیل داد که در بر دارنده اطلاعات مربوط به میزان انتشار مولکولهای آب در بافتهای بدن در جهت خاصی باشند. با توجه به اینکه غشای میلین آکسون سلولهای عصبی در مغز موجب محدود شدن میزان انتشار مولکولهای آب در جهت‌های عمود بر محور آکسون می‌شود، با تحلیل تصاویر انتشار تشدید مغناطیسی می‌توان جهت آکسونها را مشخص و وضعیت غشای میلین آنها را ارزیابی کرد. استخراج فیبرهای عصبی خاص را تراکتوگرافی^۱ می‌نامند. نتایج به دست آمده از تراکتوگرافی را معمولاً به صورت سه بعدی نشان می‌دهند (شکل ۱۱).

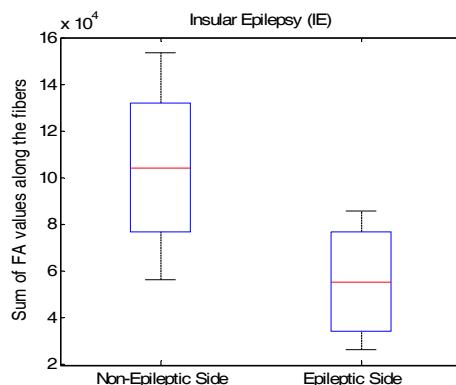
تحلیل تصاویر انتشار تشدید مغناطیسی در ارزیابی بیماریهای اعصاب می‌تواند کمک مؤثری برای پزشکان باشد. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که میزان غیر ایزوتوپیک بودن انتشار مولکولهای آب در اینسولا^۲ قادر است اینسولای بیمار را از اینسولای سالم تمیز دهد.



شکل ۱۱: نمونه‌ای از نمایش سه بعدی نتایج به دست آمده از تراکتوگرافی

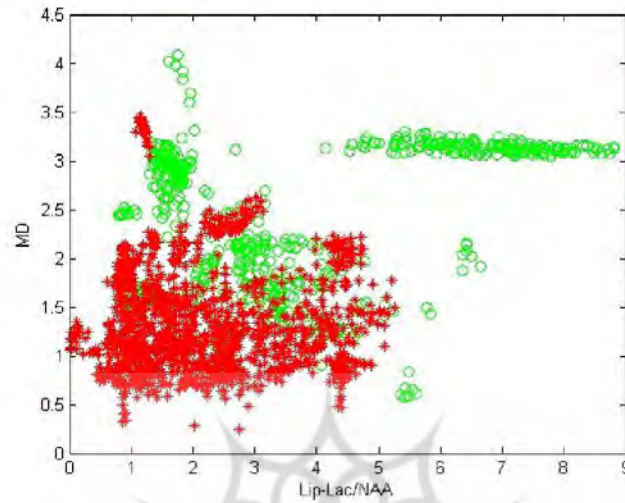
1. Tractography
2. Insula

۱۵۴ تصویرنگاری پزشکی: سیستم‌های موجود و روشهای مطرح در تحلیل تصاویر

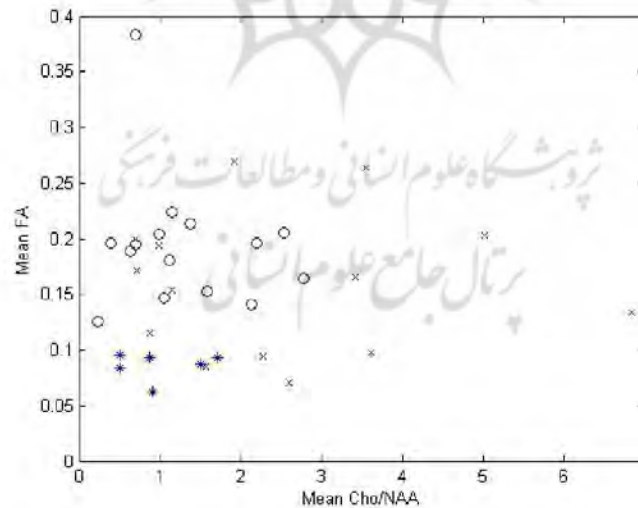


شکل ۱۲: میزان غیر ایزوتوپیک بودن انتشار موکولهای آب در اینسولای بیمار در مقایسه با اینسولای سالم.

۵.۳. ارزیابی تومورهای مغزی با تلفیق داده‌های انتشار و اسپکتروسکوپی
روش معمول برای تفکیک بافتهای فعال توموری از بافتهای نکروز شده و مشخص کردن میزان بدخیمی بافتهای توموری، انجام دادن بیوپسی و ارزیابی نمونه‌های به‌دست آمده در آزمایشگاه پاتولوژی است، لیکن این روش تهاجمی است و هزینه و مخاطرات زیادی دارد. بنابراین، به‌دست آوردن اطلاعات لازم در این زمینه با روشهای تصویرنگاری پزشکی توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. شکل ۱۳ نشان می‌دهد که با تلفیق پارامترهای انتشار و اسپکتروسکوپی که از تصاویر تشدید مغناطیسی یک بیمار با تومور مغزی به‌دست آمده‌اند، می‌توان تمایز مناسبی بین بافتهای فعال توموری و نکروز ایجاد کرد. شکل ۱۴ نشان می‌دهد که با تلفیق پارامترهای دیگری از تصاویر انتشار و اسپکتروسکوپی می‌توان تومورهایی را که میزان بدخیمی متفاوتی دارند، دسته‌بندی کرد.



شکل ۱۳: تلفیق پارامترهای انتشار و اسپکتروسکوپی یک تومور مغزی برای به دست آوردن تمایز مناسب بین بافتهای فعال توموری (قرمز) و نکروز شده (سبز)



شکل ۱۴: تلفیق پارامترهایی از تصاویر انتشار و اسپکتروسکوپی برای دسته‌بندی تومورهایی که میزان بدخیمی متفاوت (*, O, X) دارند.

۴. نتیجه گیری

اطلاع از آناتومی، فیزیولوژی و عملکرد ساختارهای داخل بدن در شناسایی بیماریها و ارزیابی درمان ضروری است. سیستم‌های تصویرنگاری پزشکی امکان کسب این‌گونه اطلاعات را به‌طور غیرتهاجمی در موارد متعددی فراهم آورده‌اند. در بسیاری موارد پردازش و تحلیل تصاویر پزشکی و تلفیق اطلاعات به‌دست آمده از تصاویر مختلف راهگشا بوده است. با پیشرفت فناوری قابلیت‌های سیستم‌های تصویرنگاری موجود افزایش و راهکارهای جدید توسعه یافته است. با توجه به اینکه هر کدام از روشهای تصویرنگاری ویژگی خاصی از بدن را آشکار می‌کنند، برای کسب اطلاعات همه جانبه، معمولاً نیازمند استفاده از چند روش تصویرنگاری هستیم. در خصوص بهینه کردن سیستم‌های تصویرنگاری، استخراج اطلاعات از تصاویر ایجاد شده و تلفیق مناسب اطلاعات به دست آمده پژوهشهای گسترده‌ای در سطح دنیا در حال اجراست. نتایج این پژوهشها نقش اساسی در بهبود کیفیت درمان و کاهش هزینه‌های آن خواهند داشت.

مراجع

1. Macovski, A. (1983), *Medical imaging systems*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
2. Prince, J. L. and Links, J. M. (2006), *Medical imaging signals and systems*, NJ: Prentice Hall.
3. Soltanian-Zadeh, H. Windham, J. P. and Yagle, A. E. (1993), Optimal transformation for correcting partial volume averaging effects in magnetic resonance imaging, *IEEE Trans. Nuc. Sci.*, Vol. 40, No. 4, Part 1, pp. 1204-1212.
4. Bagher-Ebadian, H., Jafari-Khouzani, K., Mitsias, P.D., Lu, M., Soltanian-Zadeh, H., Chopp, M. and Ewing, J. R. (2011), Predicting final extent of Ischemic infarction using artificial neural network analysis of multi-parametric MRI in patients with stroke”, *PLoS ONE*, Vol. 6, No. 8, pp. [e22626:1-9](#).
5. Akhondi-Asl, A., and Soltanian-Zadeh, H. (2010), Two-stage multi-shape segmentation of brain structures using image intensity, tissue type, and location information, *Medical Physics*, Vol. 37, No. 8, pp. 4501-4516.
6. Jafari-Khouzani, K., Elisevich, K., Karvelis, K. and Soltanian-Zadeh, H. (2011), Quantitative multi-compartmental SPECT image analysis for lateralization of temporal lobe epilepsy, *Epilepsy Research*, Vol. 95, No. 1-2, pp. 35-50.
7. Jafari-Khouzani, K., Elisevich, K., Patel, S., Smith, B. and Soltanian-Zadeh, H. (2010), “Flair signal and texture analysis for lateralizing mesial temporal lobe epilepsy”, *Neuroimage*, Vol. 49, No. 2, pp. 1559-1571.