٤٨٨٦٠

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

۱۳۸۲ /۶/ ۱۰

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان :

طراحی نرم‌افزار جداسازی و نمایش سه‌بعدی بخشهای نکروز شده سر استخوان ران با استفاده از تصاویر تشدید مغناطیسی

توسط :

ماهان آزاد پور

استاد راهنما :

دکتر رضا آقایی‌زاده ظروفی

استاد مشاور :

دکتر حمید سلطانیانزاده

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق ـ گرایش مهندسی پزشکی

پاییز ۸۰

٤٨٨٦.

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان :

طراحی نرم‌افزار جداسازی و نمایش سه‌بعدی بخشهای نکروز شده سر استخوان ران با استفاده از تصاویر تشدید مغناطیسی

توسط :

ماهان آزاد پور

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق ـ گرایش مهندسی پزشکی

این پایان‌نامه در جلسه دفاع به تاریخ ۸۰/۸/۲۷ به تصویب هیأت داوران رسیده است.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی	دکتر محمدعلی بنی‌هاشمی
مدیرگروه مهندسی برق و کامپیوتر	دکتر محمود کمره‌ای
سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه	دکتر جواد فیض
استاد راهنما	دکتر رضا آقایی‌زاده ظروفی
استاد مشاور	دکتر حمید سلطانیانزاده
عضو هیأت داوران	دکتر منصور وفادوست
عضو هیأت داوران	دکتر محمود کمره‌ای
عضو هیأت داوران	دکتر سید کمال‌الدین ستاره‌دان

دانشکده فنی دانشگاه تهران
تحصیلات تکمیلی

دانشگاه تهران - دانشکده فنی
گروه مهندسی

با تشکر فراوان از استاد عزیزم جناب آقای دکتر ظروفی که با در اختیار گذاردن انواع اطلاعات و نرم افزار ها و صرف زمان زیاد برای راهبری این پایان نامه، زحمات زیادی را متقبل شدند.

و با تشکر فراوان از استاد عزیزم جناب آقای دکتر سلطانیانزاده که علاوه بر راهنماییهای ارزنده در راستای این پایان نامه، دلسوزانه برای آموزش دانشجویان گروه مهندسی پزشکی زحمات زیادی میکشند.

برای این عزیزان و همه اساتید محترمی که برای بالا نگاه داشتن ارزش علم و آموزش دانشجویان بدون هیچ توقعی تلاش میکنند، سلامتی و موفقیت آرزومندم.

چکیده -

بیماری نکروز شدن بافتهای استخوانی (AVN) بیماری است که در اثر نرسیدن خون به سر استخوانهای بلند و در نتیجه مرگ استخوان ایجاد میشود. تشخیص اولیه بیماری مهم است. زیرا بیماری در این مراحل توسط دارو قابل درمان است و درمان برای مراحل پیشرفته بیماری نا موفق است. تصاویر MRI بهترین روش غیر تهاجمی (non invasive) برای تشخیص AVN است و تشخیص با پیدا کردن نواحی شدت پایین در تصاویر T1 صورت میگیرد. بیماری در مراحل پیشرفته ممکنست به ریزش بافت استخوانی منجر شود. در اینحالت باید با عمل جراحی ، بافت استخوانی با مواد مصنوعی جایگزین شود. مرحله پیشرفت بیماری و احتمال ریزش استخوان به درصد نکروز شدگی و محل قرار گرفتن ناحیه نکروز شده بستگی دارد. نمایش سه بعدی نواحی سالم و نکروز شده این امکان را فراهم می آورد تا پزشک بتواند محل و میزان نکروز شدگی را بطور کامل مشاهده کند. در این پایان نامه نرم افزارهایی برای جدا سازی و نمایش سه بعدی بافتهای نکروز شده سر استخوان ران طراحی و پیاده سازی شده اند. در نرم افزار جدا سازی ابزارهای لازم برای اجرای روشهای عملیات باینری، Region Growing و Active Contour برای جدا سازی نواحی سالم استخوان پیاده سازی شده اند. قسمتهای نکروز شده میتواند در نواحی مختلف سر استخوان ایجاد شود. اگر نکروز شدگی در مرز سر استخوان باشد، بعلت آنکه شدت نواحی نکرور شده با زمینه تصویر برابر است نمیتوان مرز استخوان را بسادگی تشخیص داد. در اینحالت یک مدل بیضیگون سه بعدی برای سر استخوان فرض میکنیم. برای پیدا کردن پارامترهای مدل در هر مقطع از تصویر یک دایره برای سر استخوان پیدا میکنیم که نقاط این دایره بیشترین نقاط مرزی سر استخوان را شامل شوند. برای پیدا کردن پارامترهای بیضیگون از الگوریتم Simulated Annealing (SA) استفاده میکنیم. با داشتن مرزسر استخوان، نقاط داخل مرز که دارای شدت پایین میباشند جزو نواحی نکروز شده قرار میگیرند. مشاهده شد که روش عملیات مورفولوژی باینری برای جدا سازی بافتهای سالم نسبت به دو روش دیگر کارآیی بهتری دارد. برای بررسی دقت مدل اعمال شده خطای مدلسازی بر روی ۵ تصویر سالم بررسی شد. میزان این خطا بطور متوسط ۷٪ می باشد. نرم افزار نمایش سه بعدی سطح استخوان را از روی تصاویر سه بعدی با استفاده از آلگوریتم Marching Cubes بدست می آورد. سپس این سطوح با استفاده ازکتابخانه گرافیکی OpenGL نمایش داده میشوند. در این نرم افزار قابلیت نمایش نواحی سالم و نکروز شده بصورت همزمان و با دو رنگ مختلف وجود دارد. نرم افزارهای پیاده سازی شده در محیط Windows و به زبان VisualC++ و بصورت User Friendly نوشته شده اند.

فهرست مطالب

فصل اول - مقدمه

فصل دوم - روشهای جداسازی بافتهای تصویر

۲-۱ مقدمه..... ۱۱

۲-۲ روشهای مورفولوژی باینری..... ۱۱

۲-۲-۱ تعیین آستانه باینری..... ۱۱

۲-۲-۲ عملیات مورفولوژی باینری..... ۱۳

۲-۳ روشهای ناحیه ای..... ۱۴

۲-۴ کانتورهای شکل پذیر..... ۱۵

۲-۴-۱ کانتور فعال کلاسیک..... ۱۶

۲-۴-۲ روشهای توسعه یافته کانتورهای فعال..... ۱۸

۲-۴-۳ کانتور فعال Geodesic ۲۱

فصل سوم - آلگوریتمهای جداسازی بافتهای استخوانی نکروز شده

۳-۱ پیش پردازش..... ۲۵

۳-۲ تشخیص مرز نواحی سالم استخوان..... ۲۸

۳-۳-۱ عملیات مورفولوژی باینری..... ۲۹

۳-۳-۲ روشهای ناحیه ای..... ۳۱

۳-۳-۳ روش کانتور فعال..... ۳۳

۳-۳ جداسازی بافتهای استخوانی نکروز شده..... ۳۵

۳-۳-۱ روش مبتنی بر مدل برای جداسازی نواحی نکروز شده..... ۳۶

۳-۳-۲ آلگوریتم Simulated Annealing ۳۹

فصل چهارم – نمایش سه بعدی سطوح استخوانی

۴-۱ مقدمه ۴۴

۴-۱-۱ روشهای تولید حجم ۴۴

۴-۱-۲ روشهای تولید سطح ۴۵

۴-۲ آلگوریتم Marching Cubes ۴۶

۴-۳ نمایش گرافیکی ۵۱

۴-۴ روشهای کاهش تعداد مثلثها ۵۳

فصل پنجم – قابلیتهای نرم افزارهای جداسازی و نمایش سه بعدی

۵-۱ مقدمه ۵۷

۵-۲ قابلیتهای نرم افزار جداسازی ۵۸

۵-۳ قابلیتهای نرم افزار نمایش سه بعدی ۶۴

فصل ششم – بررسی نتایج داده های واقعی

۶-۱ مقدمه ۶۹

۶-۲ مقایسه سه روش بخش بندی ۷۰

۶-۳ بررسی مدل استفاده شده ۷۱

۶-۴ نتایج ۷۲

۶-۵ بررسی آماری نتایج ۸۴

فصل هفتم – نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱ جمع بندی ۸۷

۷-۲ پیشنهادات ۸۹

فهرست مراجع ۹۱

فصل اول

مقدمه

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

فصل اول : مقدمه

بیماری نکرور شدن استخوان (AVascular Necrosis) AVN ، از نظر پاتولوژی در اثر مرگ سلولهای مغز استخوان و در نهایت مرگ بافتهای استخوانی در استخوانهای بلند ایجاد میگردد [1],[2]. نامهای دیگر این بیماری، Ischemic Necrosis ، Osteo Necrosis و Aseptic Necrosis میباشند. نکروز شدن سلولهای سر استخوان ران (Avascular Necrosis of Femoral Head) یا ANFH یکی از انواع شایع بیماری AVN میباشد. شرایط زیادی باعث نکروز شدن سر استخوان ران میشود. از بین رفتن تغذیه خون که میتواند در اثر شکستگی لگن، آرتروز و یا دیگر بیماریهای بافتهای پیوندی، استفاده از بعضی دارو ها، مصرف الکل و بیماریهای مربوط به مغز استخوان باشد باعث ایجاد این بیماری میشود .

در شکل (۱) استخوان ران و رگهای خونی که استخوان را تغذیه میکنند نشان داده شده است.

شکل ۱-۱- استخوان ران و رگهای خونی متصل به آن.

در مراحل پیشرفته ANFH ، Collapse یا ریزش بافت استخوان که اتفاق خطرناکی است و باعث کاهش عملکرد مفصل لگن میشود و با درد زیاد همراه است اتفاق می افتد. در این حالت چاره ای جز عمل جراحی و جایگزین کردن بافت استخوانی بیمار با مواد مصنوعی نمیباشد. اگر بیماری به

فصل اول : مقدمه

موقع و در مراحل اولیه تشخیص داده شود بوسیله دارو قابل درمان است و میتوان بدین ترتیب از پیشرفت بیماری تا مرحله ریزش استخوان جلوگیری کرد.

اولین ابزار تشخیص بیماری بعد از گرفتن شرح حال بیمار، تحلیل تصاویر بافت مورد نظر توسط پزشک متخصص میباشد. امروزه استفاده از تصاویر پزشکی جایگاه خاصی در تشخیص غیر تهاجمی (NonInvasive) بیماریهای مختلف پیدا کرده است. با پیشرفت تکنولوژی تصویربرداری پزشکی، استفاده وسیع از روشهای تصویر برداری مانند CT و MRI و ... که تصاویر مقطعی سه بعدی از بافتهای بدن تولید میکنند بسیار رایج شده است.

پزشکان اغلب در مرحله اول تصویر برداری اشعه ایکس را برای بیماران دارای دردهای مفصلی و استخوانی پیشنهاد میکنند. ولی اشعه ایکس نمیتواند بافتهای نکروز شده را در مراحل اولیه بیماری آشکار کند. حساسترین روش برای تشخیص AVN استفاده از تصاویر MRI میباشد.

در روش تصویربرداری MRI خواص مغناطیسی هسته هیدروژن که شامل پروتون میباشد اندازه‌گیری میگردد. دو میدان مغناطیسی برای این منظور استفاده میشوند. اولین میدان برای تولید فرکانس تشدید چرخش اسپینها بکار میرود . تحت میدان مغناطیسی خارجی قوی اعمال شده، اسپینها در راستهای میدان مغناطیسی و در دو جهت مخالف مرتب میشوند. اسپین ها دو حالت مختلف انرژی را پرمینمایند. اسپین هایی که در جهت میدان مغناطیسی اعمال شده قرار می گیرند، سطح انرژی پایینتر و اسپین هایی که در خلاف میدان مغناطیسی جهت میگیرند، سطح انرژی بالاتر را پر میکنند. وقتی یک میدان مغناطیسی خارجی میدان مغناطیسی اسپین را تحت تاثیر قرار میدهد، اسپین حول محور خود شروع به چرخش میکند و فرکانس زاویه ای این چرخش متناسب با میدان مغناطیسی اعمال شده میباشد.

سیگنال تشدید مغناطیسی نتیجه تحریک اسپین های جداگانه ایست که در معرض تابش یک موج با فرکانس رادیویی RF قرار گرفته باشند. در نتیجه جذب انرژی اشعه RF، ممان مغناطیسی

اسپین ها از حالت تعادل خارج میشود. در بازگشت اسپین ها به حالت آرامش خود سیگنال MR متناسب با تعداد اسپین های تحریک شده در نمونه ساطع میگردد. آشکار سازی و جذب این سیگنالها یکی از اساسی ترین احتیاجات برای تصویر گری MRI میباشد.

دو پارمتر T1 و T2 معرف زمان رسیدن اسپین ها به حالت آرامش میباشند. T1 ثابت زمانی است که مولفه عمودی میدان بعد ار تحریک به حالت پایدار آن و در جهت میدان اولیه میرسد. T2 ثابت زمانی است که مولفه افقی میدان پروتونها بعد از تحریک به مقدار صفر میرسد.

ثابت زمانهای T1 و T2 به بافت و خواص مغناطیسی ماده بستگی دارند. اختلافاتی بین T1 و T2 وجود دارد که باعث ایجاد کنتراست بالا در تصاویر MRI میگردد [6],[5].

همانطور که گفتیم AVN در اثر مرگ سلولهای استخوانی ایجاد میگردد. با مرگ این سلولها دانسیته سلولهای دارای آب در ناحیه نکروز شده کاهش می یابد. در نتیجه تعداد اتمهای هیدروژن کاهش یافته و مشخصات سیگنال MRI که به اتمهای هیدروژن بستگی دارد در این نواحی با نواحی سالم استخوان متفاوت میگردد.

ANFH در تصاویر MRI در مراحل اولیه بیماری و بصورت نواحی با شدت پایین در سر استخوان ران قابل تشخیص است. بنابر این مطالعه تصاویر MRI در مراحل اولیه بیماری، امکان ارزیابی این بیماری را ایجاد کرده و کمک میکند تا پزشک درمان را آغازکرده و از پیشرفت بیماری و نیاز به عمل جراحی جلوگیری کند.

در ارزیابی ANFH ، تشخیص نواحی نکروز شده، اندازه گیری مقدار نکروز شدگی و تعیین محل قرارگرفتن ناحیه نکروز شده سر استخوان ران مهم میباشد. مرحله پیشرفت بیماری به میزان نکروز شدگی و محل قرار گرفتن ناحیه نکروز شده بستگی دارد. اگر ناحیه نکروز شده در قسمتی از سر استخوان باشد که فشار در آن ناحیه زیاد است، احتمال ریزش استخوان افزایش میابد [4] .

برای اندازه گیری درصد نکروز شدگی، نسبت مجموع سطح نکروز شده را در تمام لایه ها به مجموع سطح سر استخوان در تمام لایه ها بدست می آورند. محاسبه دستی این مقدار برای پزشکان بسیار وقت گیر است. بنابر این روشهای تقریبی مختلفی برای تخمین میزان نکروز شدگی از روی تصاویر دو بعدی ارایه شده است. و مطالعات آماری زیادی برای یافتن رابطه بین میزان گسترش ناحیه نکروز شده و احتمال ریزش استخوان انجام شده است [4],[3] .

با توجه به اهمیت مساله، طراحی سیستمی هوشمند و کارا برای تشخیص نواحی نکروز شده، اندازه گیری ناحیه نکروز شده، تشخیص محل نکروز شدگی، تشخیص مرحله پیشرفت بیماری و پیش بینی احتمال ریزش بافت استخوانی میتواند مقدار زیادی از مشکلات فعلی در تشخیص و درمان ANFH را کاهش دهد. اما تا کنون از توسعه نرم افزاری برای این منظور گزارشی منتشر نشده است.

تصاویری که برای تشخیص این بیماری در این پایان نامه استفاده شده اند. تصاویر T1-Weightedمیباشند که بصورت Coronal گرفته شده اند. با وجود پیشرفت سریع دانش کامپیوتر و استفاده وسیع این ابزار در پزشکی، پردازش تصاویر پزشکی بدلیل تغییرات آماری، ساختاری و زمانی بافتهای بدن عمل مشکلی است. مخصوصا مساله بخش بندی تصاویر MRI بدلیل آنکه خصوصیات این تصاویر به عوامل زیادی از قبیل کنتراست تصویر، رزولوشن، نسبت سیگنال به نویز، ضخامت لایه، پیچیدگی محل تصویر برداری، تعداد لایه ها، یکنواختی کویل RF و اغتشاش میدان مغناطیسی بستگی دارد مساله مشکلی بوده و موضوع تحقیقات است.

بخش بندی تصاویر اولین مرحله مهم در پردازش تصاویر بشمار میرود. برای بخش بندی بافتهای موجود در تصاویر روشهای مختلفی وجود دارد [1] :

۱- روشهای آستانه ای (Thresholding) : در این روشها فرض بر اینست که شدت پیکسلهایی از تصویر که متعلق به یک بافت خاص میباشند در یک محدوده قرار دارند. با اعمال آستانه به تصویر پیکسلهایی را که در محدوده مورد نظر قرار دارند جدا میکنند.

۲- آشکار سازی لبه (Edge Detection) : شدت پیکسلها در مرز دو ناحیه از تصویر بـه شـدت تغییر میکند. بنابر این با اعمال فیلتر های آشکار ساز لبه مانند Canny یـا Sobel میتـوان مـرز دو ناحیه را پیدا کرد. نقاط با مقدار بالا در تصاویر فیلتر شده میتوانند جزو نقاط مرزی باشند.

۳- روشـهای ناحیـه ای (Region Based) : ایـن روشـها بـر ایـن فـرض اسـتوارند کـه شـدت پیکسلهایی که متعلق به یک ناحیه از تصویر میباشند، نسبت به یکدیگر دارای اختلاف کمی میباشند. روشهای Seeded Region Growing و Split and Merge معروفترین این روشها میباشند.

۴- کانتورهای فعال (Active Contours) : این روشها سعی میکنند با مینیمم کردن یـک تـابع انرژی، مرزی به اندازه کافی هموار و نزدیک به لبه های جسم برای یک ناحیه از تصویر تولید کنند. در این روشها ابتدا باید یک منحنی اولیه تعیین شود. سپس این منحنی تغییر شکل می یابد تا با مینیمم شدن تابع انرژی ، کانتور نهایی بدست آید.

۵- روشهای مبتنی بر مدل (Model Based) : این روشها سعی میکنند تـا اشـیای موجـود در تصویر را با توابع ریاضی خاصی بیان کنند. تبدیل Hough و اپراتور Hueckel نمونه هایی از این روشها میباشند.

۶- روشهای بهینه سازی کلی (Global Optimization) : این روشها بخش بندی تصاویر را بـا مینـمم کردن انرژی انجام میدهند آلگوریتمهایی مـانند Simulated Annealing، مـدل Bayesian، شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) و میدانهای تصادفی مـارکوف بـهترین مثالـهای شـناخته شـده میباشند.

۷- روشهای ترکیبی : در این روشها یک یا چند روش معمول را بـا هـم ترکیـب میکننـد تـا از خواص همه آنها استفاده کنند.

فصل اول : مقدمه

یکی از دیگر مراحل مهم در پردازش تصاویر پزشکی ، نمایش سه بعدی بافتهای بدن است که از روی تصاویر مقطعی سه بعدی پزشکی جدا شده اند. نمایش سه بعدی به پزشک امکان میدهد تا شکل و محل وقوع بیماری را به راحتی مشاهده کرده و بتواند اندازه گیریهای لازم را نیز انجام دهد.

برای نمایش سه بعدی (Volume Visualization) روشهای زیر وجود دارد[28] :

۱- روشهای تولید حجم (Volume Rendering) : در این روشها از هیچ بیان هندسی از داده های تصویر استفاده نشده و همه واکسلها (المانهای حجمی) اشیای موجود در تصویر برای نمایش یک نما ازجسم بکار میروند.

۲-روشهای تولید سطح (Surface Rendering) : در این روشها ابتدا مرزهای جسم مورد نظر در تصاویر دو بعدی تعیین میشود. سپس سطح سه بعدی جسم با نمایش المانهای جزیی سطح رسم میشود.

هدف از انجام این پروژه طراحی سیستم تشخیص به کمک کامپیوتر (Computer Assisted Diagnosis) و یا CAD برای بیماری نکروز شدن سر استخوان ران میباشد. در این راستا نرم افزارهایی برای جداسازی قسمتهای نکروز شده سر استخوان ران از نواحی سالم آن و نمایش سه بعدی سطوح استخوانی سالم و نکروز شده طراحی شده است. این نرم افزار ها در محیط VisualC++6 و بصورت User Friendly نوشته شده اند .

نرم افزار جدا سازی قسمتهای نکروز شده شامل ابزار های پردازش تصویر لازم برای این منظور میباشد. در این برنامه روشهای عملیات مورفولوژی باینری، Region Growing و کانتور فعال برای جدا سازی نواحی سالم استخوان نکروز شده پیاده سازی شده اند.

در [1] برای پیدا کردن نواحی نکروز شده سر استخوان ران، ابتدا تصاویر مایل (Oblique) را با تعیین محور تصویر برداری از روی تصاویر Coronal بدست آورده و سپس سر استخوان را در هر

لایه با یک بیضی مدل میکنند. در روشی که در این پایان نامه انجام شده است، سر استخوان را در تصاویر Coronal با یک بیضیگون سه بعدی مدل میکنیم. پارامترهای بیضیگون را از روی نواحی سالم استخوان و با استفاده از روش Simulated Annealing بدست می آوریم. پیکسلهای داخل بیضیگون که دارای شدت پایین میباشند جزو نواحی نکروز شده قرار میگیرند. استفاده از یک مدل سه بعدی این خاصیت را دارد که اگر در تعدادی از لایه ها میزان نکروز شدگی زیاد باشد، پارامترهای بیضیگون از روی مرز استخوان در لایه های سالمتر بدست می آید.

نرم افزار نمایش سه بعدی، سطوح استخوانی را با استفاده از روش Marching Cubes که یکی از آلگوریتمهای سریع و دقیق نمایش سطح است، تولید میکند. سطح بدست آمده که بصورت مجموعه ای از المنهای مثلثی سطح میباشد توسط کتابخانه گرافیکی OpenGL نمایش داده میشود. تعداد و محلهای قرار گرفتن منابع نوری و مشخصات سطح رسم شده مانند جنس سطح، میزان درخشندگی و رنگ آن با استفاده از OpenGL تنظیم میگردد. بردار عمود بر هر المان مثلثی برای تعیین میزان نور منعکس شده توسط هر راس بکار میرود. این نرم افزار قابلیت نمایش سطوح استخوانی سالم و نکروز شده در دو رنگ مختلف را دارد.

نمایش سه بعدی قسمتهای نکروز شده سر استخوان ران امکان ارزیابی محل و میزان نکروزشدگی را ایجاد کرده و امکان میدهد تا پزشک با توجه به میزان فشاری که روی این محل وارد میشود بتواند احتمال ریزش بافت را ارزیابی کند. اضافه کردن ابزاری برای تعیین مرحله پیشرفت بیماری و پیش بینی احتمال ریزش استخوان به این نرم افزار، از اهداف آینده این تحقیق میباشد.

در این پایان نامه روشهای مختلف بخش بندی تصاویر برای جدا سازی استخوان ران از روی تصاویر MRI بر روی داده های موجود با هم مقایسه شده اند. در فصل دوم روشهای بخش بندی تصاویر معرفی میشوند. در فصل سوم روشهای جدا سازی بافتهای سالم و نکروز شده و در فصل چهارم