



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

عنوان:

پرتونگاری با امپدانس الکتریکی

پایان نامه دوره کارشناسی رشته برق - مخابرات

استاد راهنما: دکتر زلفخانی

علی ساسانی

بهار 96

«من لم یسک الخلق لم یسک الخالق»

خداوند با ما توفیق تلاش در سکت، صبر و نوبدی، رفتن بی براه، جهاد بی سلاح، فلاکلی در سکت، دین بی دنیا، عظمت بی نام، خدمت بی نان، ایمان بی نیا،

خوبی بی نمود، نمانعت بی غور، عشق بی هوس، تنهایی در انبوه جمعیت و دوست داشتن بی آنکه دوست برانند، را رعایت فرما.

جان ما را رضای خود نداده که در دل تمام ما را بهای بخش خود نداده

و چشم ما را ضیای خود نداده، و ما را از فضل و کرم خود آن ده که آن به.

با تقدیر و سکت از دکتر زلفانی که همواره راهنمای این تعمیر بوده اند.

تقدیم به پدر و مادر مهربانم که همواره پشتیبان بنده بوده اند.

چکیده:

پرتو نگاری یا تصویر برداری با امپدانس الکتریکی روشی است برای یافتن اطلاعاتی از جمله: محل، اندازه، مشخصات الکتریکی و مغناطیسی یک شیء نامعلوم به وسیله ی امواج الکترومغناطیسی.

برای این کار به هدف نامعلوم در یک فضای مشخص امواج مشخصی تابانده می شود و میدان های بازتاب شده ، اندازه گیری و مشخصات شیء مجهول بدست می آید. یا اینکه در حالت DC جریان هایی به جسم اعمال می شود و سپس ولتاژها از نقاط مختلف جسم اندازه گیری شده و به وسیله ی آن مشخصات جسم بدست می آید. برای رسیدن به جواب به حل مسایل وارون در الکترومغناطیس نیاز داریم.

مسایل وارون در الکترومغناطیس که همچنین با نام مسایل پراکندگی وارون هم شناخته می شوند، یافتن اطلاعات از یک محدوده غیرقابل دسترسی را بواسطه اندازه گیری و تحلیل اطلاعات میدان های الکترومغناطیسی پراکنده شده، در منطقه های خارج از محدوده مورد اشاره بررسی می شوند.

در ادامه خواهیم دید که حل مساله ی پراکندگی وارون مساله ای بدخیم است به این معنی که وجود، یکتایی و پایداری جواب دارای ابهاماتی است برای رفع این مشکل از روش بهینه سازی و استفاده از روش تیخانو¹ استفاده می کنیم که در فصل سوم به آن اشاره خواهد شد.

در فصل چهارم تلاش برای بدست آوردن E_r یا همان ضریب گذر دهی نسبی برای یک مکعب مستطیل به وسیله حل معادله لاپلاس صورت می پذیرد. همانطور که اشاره شد برای حل این مساله شناخت معادله لاپلاس و شرایط مرزی بسیار مهم و حیاتی است به همین دلیل برای تسلط بیشتر روی این موارد، معادله لاپلاس و روش های حل آن به اختصار توضیح داده خواهد شد.

¹ tikhano

2-2-6	خواص معادله لاپلاس.....	18
2-3-1	فرضیات حل مساله وارون در الکترو مغناطیس.....	19
2-3-2	قضیه گرین.....	21
2-2-3	معادله انتگرالی فردهلم.....	22
فصل سوم	23
2-3-1	بهینه سازی و استفاده از روش تیخانوف.....	23
1-3-1	مقدمه.....	23
2-3-2	بهینه سازی و تعیین تابع هزینه.....	25
3-3-3	منبع اغتشاش در حل مساله.....	26
فصل چهارم	28
1-4-1	محاسبه ی ϵ_r برای یک مکعب مستطیل.....	28
2-4-2	گذردهی نسبی ϵ_r	40
3-4-3	جدول ϵ_r برای برخی مواد پر کاربرد.....	40
نتیجه گیری	42
منابع	43

فصل اول

توموگرافی امپدانس الکتریکی

روش های پرتونگاری از بافت های درونی بدن، توموگرافی نامیده می شوند. از جمله این روش ها می توان به توموگرافی با اشعه X ¹، پوزیترون توموگرافی² و توموگرافی با امواج مافوق صوت اشاره کرد³. در هر یک از این روش ها یک ویژگی خاص از اندام بدن به تصویر کشیده می شود. در حقیقت، کمیت تصویر بیانگر رفتار بدن در مقابل اعمال انرژی در قالب امواج الکترومغناطیسی می باشد.

در توموگرافی امپدانس الکتریکی، کمیتی که به تصویر کشیده می شود امپدانس یا هدایت الکتریکی بافت های بدن انسان است.

1-1-1 امپدانس الکتریکی

امپدانس الکتریکی مقدار مقاومتی است که تحت یک اختلاف پتانسیل در برابر جریان الکتریکی ظاهر می شود. مقدار امپدانس یک عدد حقیقی یا مختلط است که بنابر قانون اهم از نسبت ولتاژ به جریان به دست می آید. امپدانس با نماد Z نمایش داده می شود. در مداری که تحت ولتاژ و جریان متناوب قرار دارد، مقادیر ولتاژ و جریان تحت تبدیل فازبردار به صورت مختلط نمایش داده می شوند و در نتیجه امپدانس، عددی مختلط خواهد بود. بنابراین در یک مدار با ولتاژهای ثابت، امپدانس عددی حقیقی خواهد بود.

¹ X-ray Tomography

² Positron Emission Tomography

³ Ultra-sound Tomography

معمولاً مواد را از جنبه ی رسانایی به سه دسته کلی تقسیم می شوند :

۱- مواد رسانا: موادی که جریان الکتریکی را به خوبی از خود عبور می دهند مانند فلزاتی از قبیل (طلا، مس ، آهن و...) رسانایی این مواد تحت تاثیر دما دستخوش تغییراتی می شود و با بالا رفتن دما مقاومت آنها زیاد می شود و با پایین آمدن دما مقاومت های آنها نیز پایین می آید که حتی در دماهای خیلی پایین حالت ابر رسانا نیز رخ می دهد.

لازم به توضیح بسیار مهم است که مقاومت به اختلاف پتانسیل و جریان عبوری وابسته نیست بلکه جنس و شکل ماده بستگی دارد .

۲- مواد نیمه رسانا: این دسته از مواد دارای هدایت الکتریکی کمتری بوده ولی ویژگی مطرح آن قابل کنترل بودن هدایت آن است. مواد نیمه رسانا مانند سیلیسیوم (سیلیکن) و ژرمانیوم را می توان نام برد. تغییرات رسانایی مواد نیمه رسانا تابع عواملی چون تحریک نوری و تغییرات دما و خلوص آن ها است چراکه مواد نیمه رسانا رسانایی جالبی ندارند ولی بعد از افزایش مقداری ناخالصی رسانایی آنها بشدت افزایش می یابد از مواد نیمه رسانا در ساختمان دیودها استفاده می شود.

۳- مواد عایق که از نظر هدایت الکتریکی در ولتاژهای پایین بهره مناسبی ندارند.

1-2-1 انواع روش های توموگرافی

اولین تکنیک تصویربرداری مدرن با کشف اشعه ایکس توسط آقای ویلیام رونتگن در سال ۱۸۹۵ بازمی گردد.

بیشتر تلاش های فیزیکی برای پیشبرد سیستم های رادیوگرافی و تصویربرداری با اشعه ایکس نظیر نمایشگرهای

تشدید کننده، مقطع نگاری، چرخاندن مجراهای آندی و ... در ۱۰ تا ۲۰ سال پس از آن رخ داد. اما نکته جالب

در این زمینه این بود که تغییرات و بهبودهای شگرف در تصویربرداری داخلی بیماری ها بیشتر از جانب خلاقیت

افراد آزمایشگاهی سرچشمه گرفت، تا دانشمندان فیزیک و مهندسان. برای تصویربرداری از نواحی مبهم انتخابی

روش های متنوعی توسعه پیدا کرد. از آن جمله می توان به کاتادر، رنگ دانه های عملگر دهانی و درون وریدی

اشاره کرد. از این رو وقتی رادیولوژیست ها با محدودیت های اجرایی دستگاه ها مواجه می شدند، روش های مختلفی

که گاهی تهاجمی نیز بود، طراحی می کردند تا تصویربرداری ارگان های ناپیدا را تسهیل کنند. از اوایل دهه ۱۹۵۰

تا دهه ۱۹۷۰ انقلابی در سیستم های تصویربرداری تشخیصی صورت گرفت. سیستم های جدید برای تصویربرداری

غیرتهاجمی آناتومیک و کارکردی (پروسه بیماری) توسعه یافت. در این بخش دانشمندان فیزیک و مهندسان نقش

غالب را ایفا کردند. این انقلاب با تصویر برداری هسته‌ای و التراسوند آغاز شد، که با وجود محدودیت‌های جدی تصویرگری، به تصویر برداری پروسه بیماری‌ها می‌پرداخت. که پیش از این و بدون این روش‌ها امکان پذیر نبود.

فلوروسکپی

فلوروسکپی را می‌توان دریافت و کسب رشته تصاویر اشعه ایکس در یک بازه زمانی دانست، فلوروسکپی یک تکنیک عکس برداری X-ray است که به ما امکان می‌دهد به صورت همزمان با تصاویر ویدئویی تغییرات لحظه‌ای بیمار را ثبت کنیم. در واقع تنها یک تصویر رادیوگرافی نخواهیم داشت بلکه چندین تصویر پشت سر هم در فاصله زمانی مورد نظر گرفته خواهد شد.

مقطع نگاری کامپیوتری

این روش تلفیق استفاده از توموگرافی معمولی (مقطع نگاری) با پردازشهای کامپیوتری می‌باشد. در این روش نیز از اشعه X استفاده می‌شود. تصاویری از سطح مقطع‌های مختلف، در عمق دلخواه از اعضای بدن را، می‌دهد. در رادیوگرافی معمولی اطلاعات مربوط به عمق از دست می‌رفت. از طرفی نمی‌توانست بین نسوج نرم تمایز ایجاد کند. طبعاً اطلاعات کمی مربوط به چگالی بافت‌ها را نیز، در اختیارمان نمی‌گذاشت. در مقطع نگاری معمولی مشکل اول (یعنی تصویربرداری از یک مقطع دلخواه) حل شد ولی مقطع نگاری کامپیوتری دو مشکل دیگر رادیوگرافی معمولی را نیز حل کرد. یعنی حساسیت مورد نیاز برای تمایز بین نسوج نرم را دارا می‌باشد، همچنین اطلاعات کمی درباره میزان تضعیف (ناشی از عبور اشعه از نسوج) را نیز می‌دهد. البته در این روش قدرت تفکیک بهبود نیافته و تنها بخشهای ناخواسته، تارتر می‌شوند.

ام آر آی¹

استفاده از پویسگر ام.آر.آی امکان عکس گرفتن از تقریباً همه بافتهای بدن وجود دارد. بافتی که کمترین اتمهای هیدروژن را دارد (مثل استخوان‌ها) در تصویر تیره می‌شود، در حالی که بافتهای دارای اتمهای هیدروژن زیاد (مانند بافت چربی) روشنتر دیده می‌شوند. با تغییر زمان پالس‌های امواج رادیویی امکان کسب اطلاعاتی درباره بافتهای مختلف موجود وجود دارد. تاکنون هیچ خطر یا اثرات جانبی برای تکنیک ام.آر.آی شناخته نشده است. این آزمایش دردناک نیست و از آنجا که در آن از اشعه استفاده نمی‌شود بدون مشکل قابل تکرار است.

¹ MRI

روشهای نوری

واژه نور در علوم مهندسی معمولاً برای طیف مرئی، مادون قرمز و فرابنفش استفاده می‌شود. بدلیل اینکه نور جزو امواج الکترومغناطیسی است، در تصویر برداری رفتاری مشابه با سایر امواج الکترومغناطیسی از خود نشان می‌دهد. گسیل کننده‌های طیف نزدیک مادون قرمز و همچنین لیزر از پرکاربردترین منابع در این روش تصویربرداری هستند.

تئوری کلی تصویربرداری نوری مبتنی بر جذب فوتون‌های نوری توسط عناصر موجود در بدن انسان است، که این خود تولید رزولوشن می‌کند. از جذب کننده‌های نوری مهم در بدن انسان، می‌توان به هموگلوبین اکسیژن دار^۱ و هموگلوبین بدون اکسیژن^۲ اشاره کرد. در بدن هر جا که خون وجود داشته باشد، این دو نیز وجود دارند. در هر عضو بدن انسان، نسبت غلظت هموگلوبین اکسیژن دار و هموگلوبین بدون اکسیژن نشان دهنده میزان متابولیسم است چون در واکنش‌های متابولیسمی اکسیژن مهمترین نقش را ایفا می‌کند. میزان جذب نور در هموگلوبین اکسیژن دار و هموگلوبین بدون اکسیژن متفاوت است که این اساس تصویربرداری عملکردی مبتنی بر طیف نوری است. بیشترین جذب نور برای هموگلوبین اکسیژن دار در طول موج ۷۵۰ نانومتر و برای هموگلوبین بدون اکسیژن در طول موج ۸۵۰ نانومتری رخ می‌دهد. طبق نمودار طیف الکترومغناطیسی این دو طول موج در محدوده طیف نزدیک مادون قرمز است که تصویربرداری عملکردی با طیف سنجی نزدیک مادون قرمز^۳ نامیده می‌شود.

اولتراسوند (فراصوت)

روشی است که از خواص بافت‌ها در واکنش با امواج صوتی تصویر می‌دهد. در این روش صوت با سرعت زیاد از یک مبدل به درون بدن فرستاده می‌شود و تفاوت مقاومت صوتی بافت‌های مختلف (از جمله بافت‌های بیمار در مقایسه با بافت‌های طبیعی) اساس آن را تشکیل می‌دهد. نوعی از سونوگرافی موسوم به سونوگرافی داپلر، برای تصویربرداری خون جاری در قلب و عروق استفاده می‌شود.

¹ Oxyhemoglobin

² Deoxygenated hemoglobin

³ Functional Nearinfrared Spectroscopy

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

نتیجه گیری:

پرتو نگاری با امیدانس الکتریکی روشی نوین، کارآمد، سریع و نسبتاً کم خرج است که هم اینک در ابتدای مسیر خود قرار دارد. لازمی بدست آوردن یک جواب صحیح در این روش، به کارگیری از روش حل مسائل وارون الکترومغناطیس است. که به دلیل بدخیم بودن حل مسایل وارون الکترومغناطیس که بارها نیز به آن اشاره شده است که همان ابهاماتی در وجود، یکتایی و پایداری جواب است، در بدست آوردن جوابی منطبق با واقعیت با مشکلاتی روبرو هستیم. با توجه به اینکه در ایجاد یک موج معین، تاباندن آن و همین طور دریافت موج بازتاب شده تمامی ابزارهای لازم با هر اندازه از دقتی که لازم باشد در دسترس و قابل ساخت خواهد بود، بزرگترین چالش پیش روی محققان و مهندسانی که به دنبال تکامل این روش بسیار کارآمد برای پرتو نگاری هستند، روشی برای حل مسایل وارون الکترومغناطیس به نحوی که نزدیک ترین جواب به مقدار حقیقی باشد است.

روش هایی که برای حل مسایل وارون الکترومغناطیس به کار گرفته می شوند روش های منظم سازی نام دارند. ما در اینجا به روش منظم سازی تیخانوف پرداختیم که یکی از بهترین روش های موجود می باشد. عمده تلاش هایی که در سالیان اخیر در بخش پرتو نگاری با امیدانس الکتریکی انجام گرفته است روش هایی برای منظم سازی است از طرف دیگر وجود نویز به عنوان چالشی همیشگی در حل مسایل مهندسی مطرح است که به عنوان چالشی دیگر مطرح است که در بخشی با عنوان منبع اغتشاش در حل مساله به وجود نویز و راه کارهایی برای کاهش آن و همین طور کاهش تاثیر نویز بر جواب نهایی پرداخته شد.

در فصل چهارم با در نظر گرفتن مثالی شامل یک حجم مستطیل شکل با ϵ_r مجهول، سعی کردیم به ماهیت جسم پی ببریم. روند کار به این شکل بود که ولتاژی به یکی از وجه های مستطیل اعمال کرده و سایر وجه ها را زمین کردیم، با حل معادله لاپلاس و اعمال شرایط مرزی رابطه ی ولتاژ برای این جسم را بدست آوردیم. سپس چند نقطه در قسمت های مختلف جسم در نظر گرفته و ولتاژهای آن ها را اندازه گیری نمودیم. با داشتن ولتاژها دستگاهی شامل n معادله n مجهول تشکیل دادیم، که مقادیر معلوم ما ولتاژها و ϵ_r ها بود که به ازای مقادیر مختلف آن، معادلات مستقل تشکیل دادیم و مقادیر مجهول ما ضرایبی بودند که ولتاژها را به ϵ_r ها ربط می دادند. با حل این معادلات ضرایب مجهول ما بدست آمدند که به نحوی بیانگر رابطه ی ولتاژ و ϵ_r بودند. در ادامه برای ملموس تر شدن قضیه نمودارهایی بر حسب ϵ_r ها و ولتاژهای رسم کردیم. داشتن ϵ_r کمک زیادی در تشخیص خاصیت یک جسم به ما می کند. با دانستن ϵ_r و سایر پارامترها نظیر μ ، σ می توان گام های بلندی در شناسایی اجسام مجهول برداشت.

منابع:

[1] Eskandari, Alireza, Moghaddasi, Naser: Reconstruction of Shape and Position for Scattering Objects by Linear Sampling Method, East Tehran Branch, Islamic Azad University, 2012.

[2] Colton, D., and Kirsch A. :A simple method for solving inverse scattering problems in the resonanceregions, Inverse Problems ,Vol. 13, pp. 383-393,1996.

[3] Colton D., Haddar H., and Piana M. :The linear sampling method in inverse electromagnetic scattering, Inverse Problems (IOP), Vol. 19, No. 1, 105137,2003.

[4] Viloche Baz´an, Ferm´in: Fixed-point iterations in determining the Tikhonov ,regularization parameter, CEP 88040-900,2008.

[5] Eskandari, Ahmadreza, Eskandari, Mohammad Reza: Inverse Scattering of Two-Dimensional Objects Using Linear Sampling Method and Adjoint Sensitivity Analysis,308-313, J Electr Eng Technol.2015

[6] Frerichs, Al, Detection of local air content by electrical impedance tomography compared with electron beam CT, 93:660-666,2002.

[7] W. Stacey, Robert, Electrical Impedance Tomography,SGP-TR-182,2006.

[8] Teschner, Eckhard, Imhoff, Michael, Electrical Impedance Tomography, The realisation of regional ventilation monitoring, 2nd edition.

[9] احمد صفایی ، مبانی الکترومغناطیس ، چاپ هفتم ، نشر شیخ بهایی ، 1391.