HiRA
Health in Resonance Assurance

امیران نگار طب

راهنمای کاربری

فانتوم **کوچک** اعتبارسنجی MRI

هیرا

تهیه و تنظیم:
شهریار شالیکار

www.HiraMed.ir

مهر ۱۴۰۱

به نام خداوند بخشنده مهربان

مقدمه نگارنده

راهنمای پیش‌رو، بر اساس سند ACR تهیه و تنظیم شده است که مورد تایید *انجمن رادیولوژی آمریکا* برای قسمتی از برنامه کنترل کیفی دستگاه‌های MRI می‌باشد. در این راهنما، کار با ***فانتوم کوچک هیرا***، اخذ داده و پردازش آن آموزش داده‌می‌شود؛ بااین‌حال، درکنار این راهنما، آموزش علمی و عملی توسط *متخصصین گروه تحقیقاتی امیرلب* اکیدا توصیه می‌شود. اگرچه در تهیه و آماده‌سازی این راهنما سعی و تلاش فراوانی صورت گرفته است، بااین‌وجود، خالی از اشکال نخواهد بود. ازاین‌رو، چنانچه با ابهام یا اشتباهی در متن این راهنما مواجه شده‌اید، لطفا با آدرس ایمیل زیر تماس گرفته تا ضمن رفع ابهام، در نسخه‌های آتی نیز این مهم تصحیح گردد.

با احترام،

گروه تحقیقاتی امیرلب

amirlabta@gmail.com

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

فهرست مطالب

مقدمه نگارنده ..... أ

فهرست مطالب ..... ت

فهرست شکل‌ها ..... ج

فهرست اصطلاحات ..... خ

استاندارد نام‌گذاری سه‌حرفی ..... ذ

دیباچه ۱۱

آ- بررسی اجمالی و هدف ۱۱

ب- فانتوم ۱۲

پ- نکات ایمنی در نگه‌داری از فانتوم ۱۲

ت- تصاویر موردنیاز ۱۳

ث- تجزیه‌وتحلیل تصویر ۱۵

ح- تجزیه‌وتحلیل داده و تماس با ما ۱۷

۱- اندازه‌گیری‌های صحت هندسی ۱۹

۱-۱- مقدمه ۱۹

۱-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۱۹

۱-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۲۳

۱-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۲۳

۲- رزولوشن مکانی در کنتراست بالا ۲۵

۲-۱- مقدمه ۲۵

۲-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۲۵

۲-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۲۹

۲-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۲۹

۳- صحت ضخامت اسلایس ۳۱

۳-۱- مقدمه ۳۱

۳-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۳۱

۳-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۳۵
۳-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۳۶
۴- صحت موقعیت اسلایس ۳۷
۴-۱- مقدمه ۳۷
۴-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۳۷
۴-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۳۹
۴-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۴۰
۵- یکنواختی شدت‌روشنایی تصویر ۴۱
۵-۱- مقدمه ۴۱
۵-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۴۱
۵-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۴۵
۵-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۴۵
۶- درصد سایه‌افکنی سیگنال ۴۷
۶-۱- مقدمه ۴۷
۶-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۴۷
۶-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۵۰
۶-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۵۱
۷- قابلیت آشکارسازی اشیاء در کنتراست کم ۵۳
۷-۱- مقدمه ۵۳
۷-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون ۵۴
۷-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها ۵۷
۷-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی ۵۷
۸- مشاوره و توصیه‌ها ۵۹
پیوست ۱: فرم داده فانتوم کوچک هیرا ۶۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۰-۱: مکان‌یاب ساجیتال که مکان ۷ اسلایس محوری موردنیاز و ساختارهای داخلی فانتوم را نشان می‌دهد..... ۱۵
شکل ۱-۱: مکان‌یاب ساجیتال که چگونگی اندازه‌گیری طول انتها-به-انتها (فلش) را نشان می‌دهد..... ۲۰
شکل ۱-۲: اندازه‌گیری طول قطرها (بالا-به-پایین و چپ-به-راست) در اسلایس ۱ (فلش‌ها)..... ۲۱
شکل ۱-۳: اندازه‌گیری‌های طول قطرها در اسلایس ۳ (فلش‌ها)..... ۲۱
شکل ۱-۴: مکان‌یاب ساجیتال را نشان می‌دهد که پهنای پنجره نمایش روی صفر تنظیم شده و سطح پنجره چنان تنظیم شده تا بتوان به‌طور تقریبی میانگین سطح سیگنال را اندازه گرفت..... ۲۲
شکل ۲-۱: اسلایس شماره ۱ که زیربخش رزولوشن و جفت‌آرایه‌های حفره در آن مشخص شده است..... ۲۶
شکل ۲-۲: بزرگ‌نمایی مناسب قسمتی از اسلایس ۱ برای ارزیابی بصری رزولوشن مکانی در کنتراست بالا..... ۲۸
شکل ۲-۳: آ) نمایش نوعی حفره‌های کاملاً تفکیک‌شده. ردیف‌های ۲ تا ۴ آرایه UL و ستون‌های ۱ تا ۳ آرایه LR تفکیک‌شده هستند (ردیف‌ها و ستون‌ها از گوشه بالا سمت چپ هر آرایه شماره‌گذاری شده‌اند.) ب) نمونه‌ای از ردیف‌ها و ستون‌های تفکیک نشده و به‌سختی تفکیک‌شده. ردیف ۲ آرایه UL تفکیک‌شده است زیرا هر ۴ حفره از یکدیگر قابل‌تشخیص هستند، حتی اگر حفره‌ها در هر یک از انتهای ردیف با همسایگانشان در ردیف زیرین محو شوند؛ بنابراین، جهت افقی یا راست-به-چپ در این اندازه حفره به‌صورت تفکیک‌شده نمره‌دهی می‌شود. هیچ‌یک از ستون‌های آرایه LR بیش از ۳ نقطه قابل‌تشخیص در داخل ستون را نشان نمی‌دهد، بنابراین جهت عمودی یا بالا-به-پایین در این اندازه حفره قابل‌تفکیک نیست. ۲۹
شکل ۳-۱: اسلایس ۱ با زیربخش ضخامت اسلایس و شیب سیگنال نشان‌داده‌شده..... ۳۲
شکل ۳-۲: منطقه بزرگ‌نمایی‌شده اسلایس ۱، شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را با ROIهای جایگذاری برای اندازه‌گیری سیگنال میانگین در شیب‌ها را نشان می‌دهد..... ۳۴
شکل ۳-۳: قسمت بزرگ‌نمایی‌شده اسلایس ۱ که شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را نشان می‌دهد. پهنای پنجره نمایش صفر و سطح نمایش، نصف سطح سیگنال میانگین شیب است. اندازه‌گیری طول شیب‌ها، بر روی تصویر نشان داده شده است (خطوط خاکستری)..... ۳۴
شکل ۴-۱: نمایش تصاویر اسلایس ۱ با جفت نوارهای عمودی از گووه های متقاطع ۴۵ درجه. روی این تصاویر، اختلاف طول بین نوارهای سمت راست و چپ کم و نمونه‌ای از اسلایس‌های با موقعیت مناسب است..... ۳۸
شکل ۴-۲: تصاویر اسلایس ۱ که اندازه گیری خطای موقعیت اسلایس را نشان می‌دهد. فلش‌ها اختلاف طول نوار را نشان می‌دهد که باید اندازه گیری شود. آ) اگر نوار سمت راست طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه پایین تر (فوقانی) جایگذاری شده است؛ دراین‌صورت به این اختلاف طول نوار، یک مقدار مثبت اختصاص داده می‌شود. ب) اگر نوار سمت چپ طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه پایین‌تر (تحتانی) قرار گرفته‌است؛ به این اختلاف طول نوار مقدار منفی اختصاص داده می‌شود..... ۳۹
شکل ۵-۱: تصویر اسلایس شماره ۷ که اندازه و محل قرار گرفتن ROI بزرگ ۲۰۰ سانتی‌متر مربعی را نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌های مربوط به یکنواختی تصویر، داخل مرز مشخص شده انجام می‌گیرد..... ۴۳
شکل ۵-۲: تصویر اسلایس همگن که پنجره گذاری تصویر و قرار دادن ROIهای یک سانتی‌مترمربعی کوچک برای اندازه‌گیری‌های یکنواختی تصویر را نشان می‌دهد. آ) نمونه‌ای از پنجره‌گذاری و قراردادن ROI برای اندازه‌گیری مقدار سیگنال پایین. در این مورد مکان مناسب برای قرار دادن ROI کوچک کاملاً مشخص نیست. از این رو، راهنمایی ارائه‌شده در مرحله ۳ در بالا دنبال شده است.

ROI در جایی قرار گرفته است که ازنظر بصری بزرگ‌ترین منطقه تاریک ۱ سانتی‌مترمربعی در ROI بزرگ تخمین زده می‌شود. ب) نمونه‌ای از پنجره‌گذاری و قراردادن ROI برای اندازه‌گیری مقدار سیگنال بالا. به دنبال راهنمای مرحله ۵ در بالا، ROI در جایی قرار گرفته است که ازنظر بصری بزرگ‌ترین منطقه روشن ۱ سانتی‌مترمربعی در داخل ROI بزرگ تخمین زده می‌شود..... ۴۴
شکل ۶-۱: تصویر اسلایس همگن که قرارگیری ROI برای اندازه‌گیری درصد سیگنال سایه‌افکنی را نشان می‌دهد..... ۴۸
شکل ۶-۲: نحوه اندازه گیری نویز پس‌زمینه زمانی که FOV بازسازی شده خیلی کوچک است..... ۵۰
شکل ۷-۱: تصویر اسلایس ۷ که ۱۰ دایره قابل‌رویت را برای آزمون قابلیت آشکارسازی اشیا نشان می‌دهد..... ۵۵
شکل ۷-۲: تصویر بزرگ نما و برش‌خورده اسلایس ۶ که دایره اشیاء با کنتراست پایین را نشان می‌دهد. امتیاز درنظرگرفته‌شده برای این تصویر، ۳ است..... ۵۶

فهرست اصطلاحات

ACR American College of Radiology	**کالج رادیولوژی آمریکا، که در سال ۱۹۲۳ تاسیس شد، یک جامعه پزشکی حرفه‌ای شامل تقریباً ۴۰۰۰۰ رادیولوژیست تشخیصی، متخصص انکولوژی پرتوی، رادیولوژیست مداخله‌ای[1]، پزشکان پزشکی هسته‌ای و فیزیکدان پزشکی است.**
QA Quality Assurance	**تضمین کیفیت**
QC Quality Control	**کنترل کیفی**
محدوده عملیاتی Action Limits	**بازه ای از مقادیر قابل‌قبول و معتبر برای پارامترها؛ به‌طوری‌که اگر مقادیر خارج از این محدوده باشد، لازم است اقدامات اصلاحی انجام شود. در این بازه آزمون‌های QC حساسیت لازم برای آشکارکردن یک مشکل خاص در کیفیت تصویر را دارند.**
اقدام اصلاحی Corrective Action	**توصیه‌ها و اقداماتی که متناسب با نتایج آزمون‌ها باید انجام گیرد.**
مهندس سرویس Quality Control	**شخصی که به نمایندگی از شرکت سازنده دستگاه مسؤول راه‌اندازی، تنظیمات دستگاه و ارائه خدمات به مرکز تصویربرداری می‌باشد.**
مکان‌یاب/ مکان‌نما/ مکان‌نگار Localizer	**به تصاویر با رزولوشن کم و میدان دید بزرگ اطلاق می‌گردد که با استفاده از یک رشته‌پالس سریع با زمان اخذ بسیار کم از سه صفحه متعامد اخذ می‌گردد تا با کمک آن بتوان مکان اسلایس‌های موردنظر را که برای تصویربرداری اصلی لازم است مشخص کرد.**
SNR Signal to Noise Ratio	**نسبت سیگنال‌به‌نویز**

[1] *Interventional Radiologist*

CNR

Signal to Noise Ratio

نسبت کنتراست‌به‌نویز

اسپوک/پَره

Spoke

هر یک از مجموعه خطوط شعاعی هم‌محور در یک صفحه دوبعدی

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

استاندارد نام‌گذاری سه‌حرفی

پیشنهاد می‌شود برای افزایش خوانایی داده‌ها و سندهای مربوط به آزمون‌های کنترل کیفی، از استاندارد زیر برای همسان‌سازی اسامی استفاده گردد:

اندازه‌گیری‌های صحت هندسی	**GAM**	Geometric Accuracy Measurement
رزولوشن مکانی در کنتراست بالا	**HCR**	High-contrast Spatial Resolution
صحت ضخامت اسلایس	**STA**	Slice Thickness Accuracy
صحت موقعیت اسلایس	**SPA**	Slice Position Accuracy
درصد یکنواختی شدت‌روشنایی تصویر	**PIU**	Percent Image Uniformity
درصد سایه‌افکنی سیگنال	**PSG**	Percent Signal Ghosting
قابلیت آشکارسازی در کنتراست پایین	**LCD**	Low-Contrast Detectability
ارزیابی آرتیفکت	**ART**	ARTifact evaluation

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

دیباچه

آ- بررسی اجمالی و هدف

در این راهنما، اطلاعات مربوط به آزمون‌های «**فانتوم هیرا**»- را که بخشی از برنامه اعتبارسنجی تصویربرداری تشدید مغناطیسی است- گردآوری شده است. هدف اصلی این راهنما این است که مراکز را قادر سازد تا میزان اهمیت آزمون‌هایی از فانتوم را که ناموفق بوده‌اند، درک، برای اصلاح آن اقدام و میزان موفقیت اقدامات اصلاحی را بررسی کنند.

همچنین، این راهنما برای مراکزی تهیه گردیده است که تمایل دارند پیش از تسلیم داده اخذشده به متخصصین مربوطه، بررسی کنند که آیا آزمون‌های فانتوم موفقیت‌آمیز بوده است یا خیر. علاوه بر این، مراکزی که تمایل دارند از *فانتوم هیرا* خود، برای کنترل کیفی و آزمایش عملکرد سیستم تصویربرداری خود استفاده کنند نیز مفید خواهد بود.

مقدمه را با خلاصه‌ای از توصیف فانتوم و داده‌های تصویر اخذشده برای آزمون‌ها شروع، اصطلاحات مورداستفاده برای ارجاع به تصاویر را معرفی می‌کنیم و آزمون‌هایی را که بخش ارزیابی فرآیند اعتبارسنجی را تشکیل می‌دهد، فهرست خواهیم کرد. پس‌ازآن، در مورد هر آزمون به‌نوبت بحث کرده، نحوه انجام آن را شرح می‌دهیم، معیار پذیرش آزمون را ارائه کرده، دلایل عمده عدم‌موفقیت را نام می‌بریم و در مورد اقدامات اصلاحی که ممکن است انجام شود، پیشنهاد مشاوره‌ای ارائه می‌کنیم.

در این راهنما، معیارهای پذیرش به گونه‌ای انتخاب شده است که کمینه سطح عملکردی را که می‌توان از یک سیستم MRI با عملکرد مناسب انتظار داشت برآورده کند. باید توجه داشت، به دلیل اینکه این سطوح عملکرد حداقلی هستند، این معیارها نباید به‌عنوان شاخص‌های سطح معمول یا طبیعی عملکرد تفسیر شوند.

اطلاعات مربوط به فانتوم، جایگذاری فانتوم و اخذ تصویر، فقط تا آنجا که برای بحث لازم باشد در اینجا آورده شده است.

ب- فانتوم

فانتوم MRI هیرا-کوچک، یک استوانه کوتاه و توخالی پلاستیک آکریلیک است که در دو انتها بسته شده است. ارتفاع داخلی آن **۱۰۰ میلی‌متر** و قطر داخلی آن نیز **۱۰۰ میلی‌متر** است. این فانتوم با محلولی از کلرید نیکل و کلرید سدیم پر شده است. محلول داخل ویال نیز از کلرید نیکل با فرمولی متفاوت پرشده است.

در داخل فانتوم چندین ساختار طراحی شده است که انجام آزمون‌های مختلف مربوط به عملکرد اسکنر را محیا می‌کند. این ساختارها، آزمون‌هایی هستند که در بخش‌های بعدی استفاده می‌شود.

پ- نکات ایمنی در نگه‌داری از فانتوم

نسبت به حفظ و نگه‌داری فانتوم، موارد ذیل را به دقت توجه فرمایید:

- برای انجام آزمون‌های این فانتوم در شرایط برابر و تکرارپذیری آن، فانتوم را در دمای نوعی **اتاق مگنت** (۱۸ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری کنید. لازم به ذکر است، تغییر دمای فانتوم، علاوه بر مشکل گفته‌شده باعث اختلال در محلول داخل آن می‌شود و نتایج آزمون را با مشکل و خطا روبرو می‌کند؛ حتی در مواقعی ممکن است با تغییرات دمایی شدید، نشتی محلول داخل آن را نیز به همراه داشته باشد.
- در داخل این فانتوم ساختارهای ظریفی وجود دارد که نسبت به حرکات شدید و ضربه حساس می‌باشد و از حالت کالیبره خارج می‌شود.
- محلول داخل فانتوم سمّی می‌باشد. درصورت نشت و یا تخلیه آن، موارد ایمنی لازم را رعایت فرمایید و جهت مشاوره، با *متخصصین هیرا* تماس بگیرید.

- حباب کوچکی به اندازه چند سانتی‌متر مکعب عمداً توسط سازنده در فانتوم رها می‌شود تا امکان انبساط حرارتی محلول در محدوده معقول فراهم شود. از تکان دادن فانتوم جدا خودداری کنید؛ زیرا این کار باعث شکسته‌شدن حباب به حباب‌های کوچک‌تر می‌شود که ممکن است به ساختارهای داخل فانتوم بچسبند و در امتیازدهی آزمون‌ها اختلال ایجاد کنند.

ت- تصاویر موردنیاز

در برنامه اعتبارسنجی مربوط به *فانتوم هیرا*، لازم است چندین مجموعه‌تصاویر اخذ شود: یک تصویر مکان‌یاب ساجیتال و ۴ مجموعه تصاویر محوری. در هر یک از ۴ مجموعه محوری، ۷ تصویر از فانتوم اخذ می‌شود که مکان اسلایس‌های ۷تایی در تمامی این مجموعه‌ها باهم یکی است. این تصاویر با استفاده از **کویل زانو** اسکنر به‌دست می‌آید. پارامترهای اسکن برای مکان‌یاب و ۲ مجموعه اصلی تصاویر محوری، به‌طورکامل به‌صورت دستورالعمل‌های اسکن تعیین شده‌است. در اینجا، ما این مجموعه‌تصاویر را **توالی‌های هیرا** یا **تصاویر هیرا** می‌نامیم. مجموعه‌تصاویر محوری سوم و چهارم بر اساس پروتکل‌های خود مرکز است که به‌عنوان **توالی مرکز** و یا **تصاویر مرکز** ارجاع داده می‌شود. برای بحث در مورد داده‌های تصویر، بهتر است برای مجموعه‌های مختلف تصاویر نام معرفی کرده و مکان اسلایس‌ها در فانتوم را شماره‌گذاری کنیم.

مکان‌یاب ساجیتال: یک اخذ اسپین‌اکوی تک-اسلایس ساجیتال با ضخامت ۲۰ میلی‌متر در مرکز که برای سادگی آن را «مکان‌یاب» می‌نامیم.

مجموعه تصاویر اول: یک اخذ اسپین‌اکو چنداسلایسی با پارامترهای اخذ مشخص است که نمونه‌ای از اخذ وزن‌دار T1 است. این مجموعه، «مجموعه‌تصاویر وزن‌دار T1 هیرا» یا به‌اختصار «T1 هیرا» نام‌گذاری می‌شود.

مجموعه تصاویر دوم: یک اخذ اسپین‌اکو و چنداسلایسی با پارامترهای اخذ مشخص است که نمونه‌ای از اخذ وزن‌دار T2 و است. به این مجموعه‌تصاویر، «مجموعه تصاویر وزن‌دارT2 هیرا» یا به‌اختصار «T2 هیرا» نامیده می‌شود[1].

مجموعه تصاویر سوم و چهارم: بر اساس پارامترهای اخذی است که مرکز معمولاً در پروتکل‌های بالینی خود به ترتیب برای اخذ محوری وزن‌دار T1 و T2 مربوط به ناحیه زانو استفاده می‌کند. این مجموعه‌تصاویر، «مجموعه تصاویر T1 مرکز» و «مجموعه تصاویر T2 مرکز» نامیده می‌شود.

در هر یک از مجموعه‌تصاویر محوری، ۷ اسلایس اخذ می‌شود. مکان اسلایس‌ها از انتهای تحتانی (با فرض اینکه این فانتوم شبیه‌ساز زانو است.) فانتوم شماره‌گذاری می‌شود. بنابراین، مکان اسلایس شماره ۱ در انتهای فانتوم که شامل زیربخش ضخامت اسلایس و زیربخش رزولوشن با کنتراست بالا است شروع می‌شود. اسکنرهای مختلف تصاویر را به‌گونه‌ای متفاوتی شماره‌گذاری می‌کنند. صرف‌نظر از اینکه اسکنر چگونه تصاویر را شماره‌گذاری می‌کند، ما همیشه آنها را با نام مجموعه‌تصاویر و شماره مکان اسلایس ارجاع می‌دهیم. به‌عنوان‌مثال، اسلایس ۷ مجموعه‌تصاویر T2 هیرا، تصویر دومین اکوی حاصل از اخذ دو-اکویی هیرا در مکان اسلایس ۷ است.

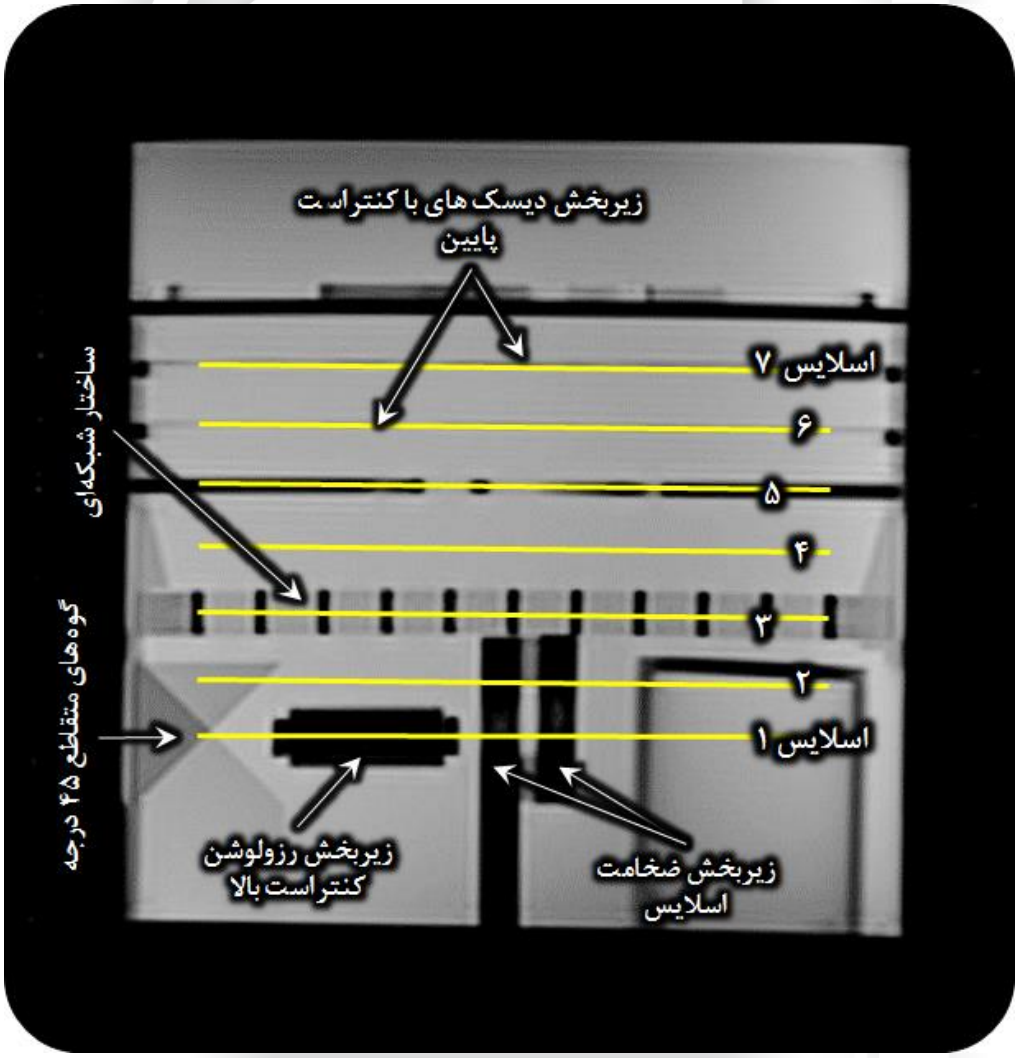
برای هر ۴ مجموعه‌تصاویر محوری، ضخامت اسلایس موردنیاز ۵ میلی‌متر و فاصله بین‌اسلایسی ۳ میلی‌متر است؛ بنابراین، مجموعه ۷ اسلایس، فاصله‌ای ۴۸ میلی‌متری از مرکز اولین اسلایس تا مرکز آخرین اسلایس را در بر می‌گیرد. (در برخی اسکنرها، امکان تعیین اسلایس‌هایی با ضخامت ۵ میلی‌متری و فاصله بین‌اسلایسی ۳ میلی‌متری وجود ندارد؛ دستورالعمل آزمون برنامه اعتبارسنجی MR توضیح می‌دهد که در این موارد چه باید کرد.)

شکل ۰-۱ مکان‌یاب ساجیتال را نشان می‌دهد که ساختارهای نام‌گذاری‌شده داخلی متفاوت، به‌همراه ۷ مکان اسلایس محوری بر روی آن مشخص شده‌است. در صفحه ساجیتال مرکزی فانتوم، یک جفت گوه متقاطع ۴۵ درجه وجود دارد که بر روی تصویر شکل ۰-۱ نشان داده‌شده‌است. اسلایس ۱، در رأس زاویه تشکیل‌شده

---

[1] *پارامترهای اخذهای اول و دوم به‌همراه فرم خالی پارامترهای اخذ سوم و چهارم، در «فرم داده فانتوم کوچک هیرا» مشخص گردیده است که در پیوست قرار دارد. همچنین این فرم از سایت www.HiraMed.ir نیز قابل‌دانلود است.*

توسط گوه‌های متقاطع انتهای تحتانی فانتوم و اسلایس ۷ در بالاترین قسمت زیربخش «دیسک کنتراست پایین» تعیین و جایگذاری می‌شود.



شکل ۰-۱: مکان‌یاب ساجیتال که مکان ۷ اسلایس محوری موردنیاز و ساختارهای داخلی فانتوم را نشان می‌دهد.

ث- تجزیه‌وتحلیل تصویر

برای تجزیه‌وتحلیل کمّی، لازم است داده‌های دیجیتال در یک رایانه ایستگاه‌کاری با قابلیت‌های پایه‌ای کار بر روی تصویر همانند آنچه در تمامی کنسول‌های اسکنر وجود دارد نمایش داده شوند: قابلیت‌هایی نظیر تنظیمات پهنا و سطح پنجره، بزرگ‌نمایی (زوم)، اندازه‌گیری میانگین و انحراف معیار در ناحیه

موردنظر[1] (ROI) و اندازه‌گیری‌های طول. در بیشتر موارد، کنسول اسکنر یا یک ایستگاه مرتبط بازبینی تصویر، راحت‌ترین مکان برای یک مرکز برای انجام چنین اندازه‌گیری‌هایی بر روی داده‌ها است.

۷ آزمون کمّی که با کمک این فانتوم و با استفاده از اندازه‌گیری‌هایی که روی داده‌های دیجیتال انجام می‌شود، عبارت‌اند از:

۱- صحت هندسی[2]

۲- رزولوشن مکانی با کنتراست بالا[3]

۳- صحت ضخامت اسلایس[4]

۴- صحت موقعیت اسلایس[5]

۵- یکنواختی شدت روشنایی تصویر[6]

۶- درصد سیگنال سایه‌افکنی[7]

۷- قابلیت آشکارسازی شیء با کنتراست کم[8]

هر یک از این آزمون‌ها به ترتیب در بخش‌های زیر شرح داده خواهد شد. بخش‌ها متناظر با شماره آزمون‌ها در این لیست شماره‌گذاری شده‌است.

اگرچه آرتیفکت‌ها در اینجا موردبحث قرار نمی‌گیرد، اما خواننده باید آگاه باشد که علاوه بر این آزمون‌های کمّی، بازبین‌های داده گروه *تخصصی هیرا*، تصاویر را ازنظر آرتیفکت نیز بررسی می‌کنند. آرتیفکت‌هایی که می‌تواند تأثیر نامطلوبی بر صحت تشخیصی داشته باشد و آرتیفکت‌های حاکی از مشکلات سیستم که می‌تواند بر صحت تشخیصی تأثیر بگذارد، درصورتی‌که حتی اگر سیستم، آزمون‌های کمّی را گذرانده باشد، ممکن است منجر به عدم‌موفقیت اعتبارسنجی شود.

---

[1] *Region-Of-Interest (ROI)*
[2] *Geometric Accuracy*
[3] *High-Contrast Spatial Resolution*
[4] *Slice Thickness Accuracy*
[5] *Slice Position Accuracy*
[6] *Image Intensity Uniformity*
[7] *Percent-Signal Ghosting*
[8] *Low-Contrast Object Detectability*

ح- تجزیه‌وتحلیل داده و تماس با ما

گروه تحقیقاتی امیرلب با بیش از ۷ سال سابقه در حوزه اجرای برنامه کنترل کیفی دستگاه‌های MRI، خدمات پردازشی مرتبط برروی تصاویر اخذشده، ارائه گزارش و مشاوره با کادر مجرب در مراکز مختلف کشور را در کارنامه دارد.

در صورت نیاز به تحلیل داده‌های اخذشده توسط متخصصین *هیرا*، لازم است داده‌ها به‌صورت دیجیتالی (تصاویر رایت‌شده بر روی CD با فرمت DICOM) یا به‌صورت الکترونیکی ارسال شود.

برای اطلاعات دقیق‌تر در مورد ارسال تصاویر برای ارزیابی اعتبارسنجی، به دستورالعمل‌های آزمون برنامه اعتبارسنجی MR و دستورالعمل‌های بارگذاری الکترونیکی مراجعه کنید یا با پست الکترونیکی AmirLabTa@gmail.com تماس بگیرید. برای اطلاعات بیشتر در مورد محصولات جدید و خدمات قابل ارائه، به تارنمای ww.HiraMed.ir مراجعه کنید.

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

۱- اندازه‌گیری‌های صحت هندسی

۱-۱- مقدمه

آزمون «صحت هندسی» بررسی می‌کند تا چه اندازه تصویر اخذشده، طول‌ها را در شیء تصویربرداری شده به‌درستی بازنمایی می‌کند. این آزمون را گاهی اوقات آزمون *خطای هندسی*[1] نیز می‌نامند. در این آزمون طول‌هایی بر روی تصاویر بین مکان‌هایی مشخص اندازه‌گیری می‌شود و نتایج آن با مقادیر شناخته‌شده فانتوم مقایسه می‌گردد

عدم‌موفقیت این آزمون به این معنی است که ابعاد تصاویر با ابعاد واقعی آن، بسیار متفاوت‌تر از حد معمولی است که برای یک اسکنر با عملکرد مناسب انتظار می‌رود.

۱-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

در داخل فانتوم، ۷ طول معلوم باید بر روی تصاویر اخذشده اندازه‌گیری شود که این مهم را می‌توان با استفاده از ابزار اندازه‌گیری طول که بر روی ایستگاه نمایش مهیا شده، انجام شود. تنظیمات سطح و پهنای پنجره نمایش می‌تواند اندازه‌گیری طول را تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین مهم است که آنها را به‌درستی تنظیم کنید. برای این منظور، یک روش فرعی جداگانه برای انجام تنظیمات سطح و پهنای پنجره نمایش همراه با روش اصلی ارائه می‌شود.

اندازه‌گیری‌ها برای این آزمون با توجه به روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

۱- مکان‌یاب را نمایش دهید و پهنا و سطح پنجره نمایش را به شرح زیر تنظیم کنید.

[1] *Geometric error*

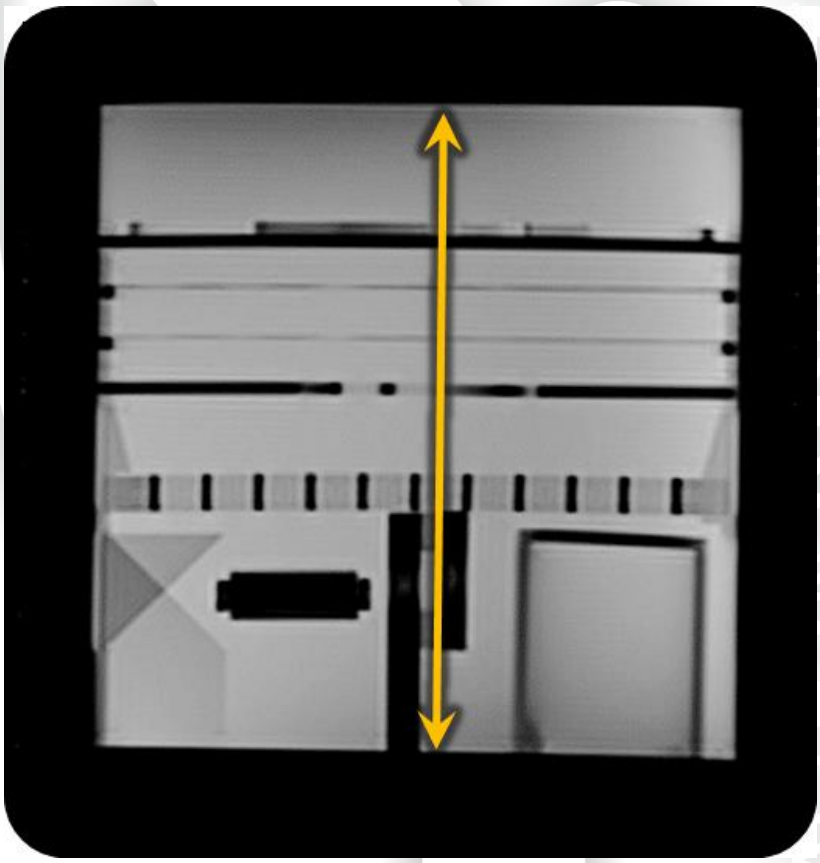
۲- طول انتها-به-انتهای فانتوم را همانطور که در مکان‌یاب دیده می‌شود اندازه بگیرید. این اندازه‌گیری باید مطابق شکل ۱-۱ در امتداد یک خط نزدیک به وسط فانتوم اندازه‌گیری شود.

۳- اسلایس ۱ *مجموعه‌تصاویر T1 هیرا* را نمایش داده و پهنا و سطح پنجره نمایش را به شرح زیر تنظیم کنید.

۴- قطر فانتوم را در ۲ جهت اندازه‌گیری کنید: بالا-به-پایین و چپ-به-راست (شکل ۱-۲)

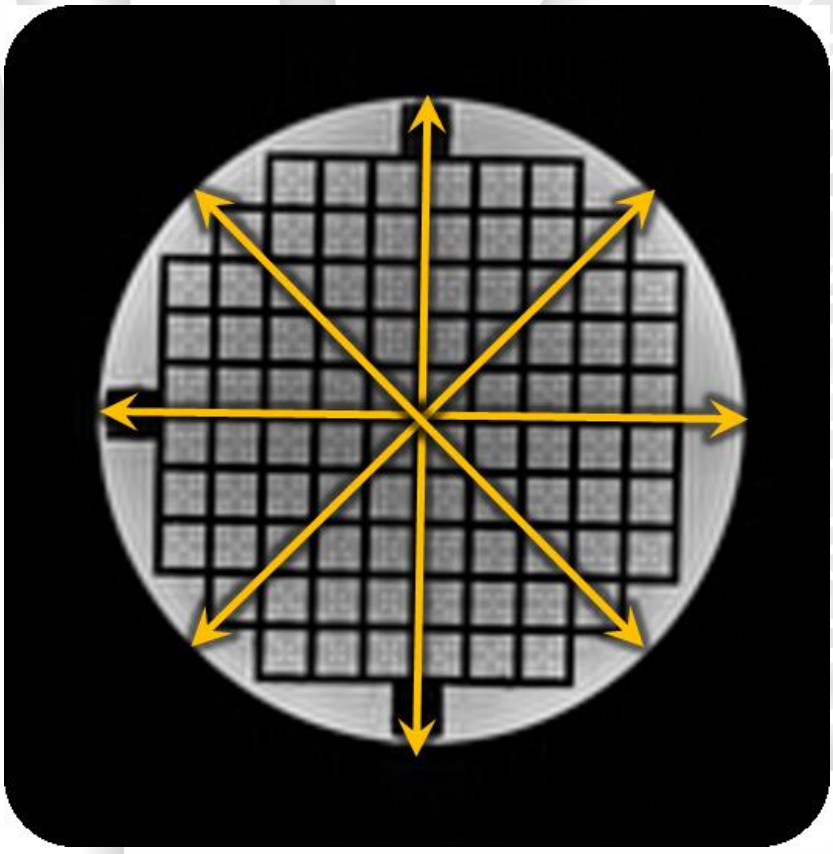
۵- اسلایس ۳ *مجموعه‌تصاویر T1 هیرا* را نمایش دهید. پنجره و سطح نمایش را به شرح زیر تنظیم کنید.

۶- قطر فانتوم را در ۴ جهت اندازه‌گیری کنید: بالا-به-پایین، چپ-به-راست و هر دو قطر (شکل ۱-۳)



شکل ۱-۱: مکان‌یاب ساجیتال که چگونگی اندازه‌گیری طول انتها-به-انتها (فلش) را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۲: اندازه‌گیری طول قطرها (بالا-به-پایین و چپ-به-راست) در اسلایس ۱ (فلش‌ها).



شکل ۱-۳: اندازه‌گیری‌های طول قطرها در اسلایس ۳ (فلش‌ها).

شکل ۱-۴: مکان‌یاب ساجیتال را نشان می‌دهد که پهنای پنجره نمایش روی صفر تنظیم شده و سطح پنجره چنان تنظیم شده تا بتوان به‌طور تقریبی میانگین سطح سیگنال را اندازه گرفت.

تنظیمات سطح و پهنای پنجره نمایش می‌تواند بر مکان ظاهری لبه‌های فانتوم اثر بگذارد و بنابراین باعث خطا در اندازه‌گیری‌های طول شود. برای جلوگیری از این خطا، اندازه‌گیری‌ها باید بدین‌صورت انجام شود: پهنای پنجره نمایش روی مقدار سیگنال میانگین و سطح نمایش روی مقداری برابر با نصف مقدار سیگنال میانگین مناطقی که در تصویر فقط شامل آب است تنظیم شود.

در بیشتر اسکنرها می‌توان از روش زیر برای تنظیم پهنای و سطح پنجره نمایش استفاده کرد:

۱- پنجره را به باریک‌ترین حالت ممکن تنظیم کنید که در بیشتر اسکنرها صفر یا یک است.

۲- مناطقی از فانتوم را که فقط شامل آب است، مشاهده کنید، به عبارتی، مناطقی که با برخی از ساختارهای داخلی فانتوم حجم جزئی ندارند. این مناطق بالاترین سیگنال را دارند. سطح نمایش را پایین بیاورید تا سیگنال در این مناطق که فقط شامل آب هستند، کاملاً سفید شود.

۳- سطح نمایش را تا جایی که تقریباً نصف مساحت مناطق فقط- آب تاریک شود بالا ببرید. این کار در شکل ۱-۴ برای مکان‌یاب نشان داده شده است. اکنون سطح به یک مقدار عددی تنظیم می‌شود که

تقریبی از سیگنال میانگین مناطق فقط-آب است. این مقدار را یادداشت کنید (این در واقع سیگنال میانه را تخمین میزند، اما برای هدف ما به‌اندازه کافی به میانگین نزدیک خواهد بود).

۴- تنظیم سطح نمایش را به نصف مقدار میانگین سیگنال به‌دست‌آمده در مرحله ۳ کاهش دهید. تنظیم پهنای پنجره را تا مقدار سیگنال میانگین افزایش دهید.

توجه: در برخی از اسکنرهای قدیمی، شدت روشنایی صفر برای یک پیکسل، مقدار عددی ۱۰۲۴ در نظر گرفته می‌شود. برای چنین اسکنرهایی، هنگام محاسبه مقدار نصف سیگنال میانگین، باید این جابجایی (آفست) صفر در محاسبات در نظر گرفته‌شود.

۱-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

اندازه‌گیری‌های طول با مقادیر شناخته‌شده فاصله‌ها در فانتوم مقایسه می‌شود.

- طول داخلی انتها-به-انتهای فانتوم: ۱۰۰ میلی‌متر
- قطر داخلی فانتوم: ۱۰۰ میلی‌متر

۱-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

تمامی طول‌های اندازه‌گیری‌شده باید اختلافی در حدود ۲± میلی‌متر از مقادیر واقعی آنها باشد.

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

۲- رزولوشن مکانی در کنتراست بالا

۲-۱- مقدمه

هدف از آزمون «رزولوشن مکانی در کنتراست بالا»، ارزیابی توانایی اسکنر در جداسازی اشیا کوچک می‌باشد. این مهم درشرایطی است که نسبت کنتراست به نویز[1] (CNR) به‌اندازه کافی بالا باشد تا نقشی در محدود کردن این توانایی نداشته باشد. این آزمون را گاهی رزولوشن مکانی با کنتراست بالای محدودکننده نیز می‌نامند.

عدم‌موفقیت این آزمون به این معنی است که برای یک میدان دید[2] (FOV) و اندازه ماتریس اخذ مشخص، اسکنر قادر نیست جزئیات کوچک و همچنین نرمال را که برای عملکرد مناسب یک اسکنر لازم است تفکیک کند.

۲-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون، ابتدا به لحاظ بصری، قابلیت تمیز نقاط روشن کوچک منفرد در آرایه‌ای از نقاط روشن با فاصله‌گذاری نزدیک را ارزیابی می‌کنیم. این نقاط روشن، حفره‌های پرشده با آب هستند که در یک بلوک به نام *زیربخش رزولوشن* سوراخ شده‌اند که در اسلایس ۱ دیده می‌شود. پیش از چگونگی ارزیابی بصری، لازم است تا ابتدا زیربخش موردنظر را با جزئیات توضیح دهیم.

---

[1] *Contrast-to-Noise Ratio (CNR)*

[2] *Field of View (FoV)*

زیربخش رزولوشن

شکل ۲-۱ تصویری از اسلایس ۱ را نشان می‌دهد که زیربخش رزولوشن در آن مشخص شده است. ۳ جفت آرایه حفره‌ای در آن زیربخش وجود دارد که کاملاً مربعی نیستند. توجه داشته باشید که شامل یک آرایه حفره‌ای بالا-چپ (UL) و یک آرایه حفره‌ای پایین-راست (LR) است. در اینجا راست و چپ، راست و چپ بیننده است. آرایه‌های UL و LR در گوشه‌ای که همدیگر را لمس می‌کنند یک حفره مشترک دارند. آرایه ULبرای ارزیابی رزولوشن در جهت راست-به-چپ و آرایه LR برای ارزیابی رزولوشن درجهت بالا-به-پایین (قدامی-خلفی، درصورتی‌که فرض شود فانتوم، سر انسان است) استفاده می‌شود.

آرایه UL شامل ۴ ردیف ۴-حفره‌ای و آرایه LR شامل ۴ ستون ۴-حفره‌ای است. هر ردیف حفره در UR کمی به سمت راست ردیف بالا خود و هر ستون LR کمی به سمت پایین ستون چپ خود جابجا شده است و به همین دلیل آرایه کاملاً مربع نیست.

شکل ۲-۱: اسلایس شماره ۱ که زیربخش رزولوشن و جفت‌آرایه‌های حفره در آن مشخص شده است.

قطر حفره‌ها بین جفت‌های آرایه متفاوت است: برای جفت سمت چپ ۰٫۹ میلی‌متر، برای جفت مرکز ۰٫۸ میلی‌متر و برای جفت سمت راست ۰٫۷ میلی‌متر است. بنابراین، با استفاده از این زیربخش می‌توان تعیین کرد که آیا رزولوشن در هر یک از این ۳ اندازه حفره به‌درستی به‌دست آمده است یا خیر.

برای این آزمون، رزولوشن در اسلایس ۱ برای هر ۲ *مجموعه‌تصاویر محوری هیرا* ارزیابی می‌شود. رویه زیر برای هر یک از این مجموعه‌تصاویر تکرار می‌شود:

۱- تصویر اسلایس ۱ را نمایش دهید.

۲- تصویر را ۲ تا ۴ برابر بزرگ نمایید؛ به شرطی که زیربخش رزولوشن در نمایشگر دیده شود. این در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

۳- با جفت‌آرایه‌های حفره‌ای سمت چپ شروع کنید که ۰٫۹ میلی‌متر و بزرگ‌ترین اندازه حفره در این زیربخش است.

۴- به ردیف‌های حفره در آرایه UL نگاه کنید. پهنا و سطح پنجره نمایش را چنان تنظیم کنید تا حفره‌ها به بهترین شکل از یکدیگر متمایز شوند.

۵- اگر هر ۴ حفره در هر ردیف منفرد از یکدیگر قابل تمیز باشند، به این تصویر، در این اندازه حفره خاص و جهت چپ-به-راست نمره موفق دهید.

برای «قابل‌تمیزبودن» یا «تفکیک‌پذیری»، لازم نیست شدت تصویر بین حفره‌ها به صفر برسد. برای قابل‌تمیزبودن، باید بتوان پهنای پنجره و سطح واحدی را تنظیم و پیدا کرد به‌گونه‌ای که هر ۴ حفره در حداقل ۱ ردیف به‌عنوان نقاطی با شدت سیگنال روشن‌تر از فاصله بین آنها قابل‌تشخیص باشد. شکل ۲-۳-آ نمایش نوعی حفره‌های کاملاً تفکیک‌پذیر را نشان می‌دهد.

هنگامی‌که اندازه حفره‌ها با رزولوشن تصویر قابل‌مقایسه باشد، ممکن است گروه‌هایی از ۲ حفره یا بیشتر در یک ردیف با یکدیگر محو شده و به‌صورت یک نقطه سیگنال به‌شکل نامنظم تکی ظاهر شود. در این حالت حفره‌های آن ردیف تفکیک‌نشده تلقی می‌شود. نمونه‌ای از این مورد در ردیف ۱ آرایه UL شکل ۲-۳-ب نشان داده شده است.

شکل ۲-۲: بزرگ‌نمایی مناسب قسمتی از اسلایس ۱ برای ارزیابی بصری رزولوشن مکانی در کنتراست بالا.

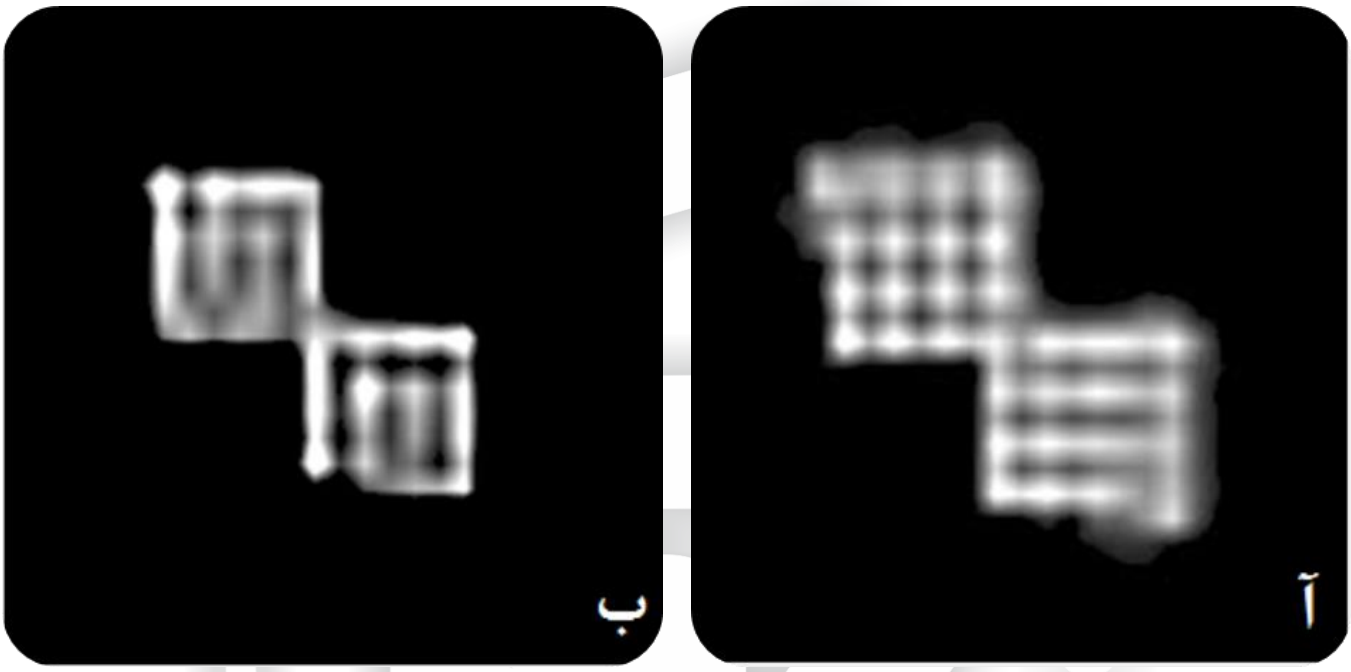
گاهی اوقات ۱ یا چند حفره که از همسایگان خود در همان ردیف قابل تمیز است، در همسایگان ردیف‌های مجاور محو می‌شود. این حالت قابل‌قبول است و تاثیری در نمره‌دهی ردیف ندارد. نمونه‌ای از این مورد در ردیف دوم آرایه UL شکل ۲-۳-ب نشان داده شده است که حفره‌های هر انتهای ردیف با همسایگان خود در ردیف‌های مجاور محو شده‌اند.

۶- به حفره‌ها در آرایه LR نگاه کنید و پهنا و سطح نمایش را چنان تنظیم کنید تا حفره‌ها به بهترین شکل از یکدیگر متمایز شود.

۷- اگر هر ۴ حفره در هر ستون منفرد از یکدیگر قابل‌تمیز باشد، تصویر را در این اندازه حفره خاص و جهت بالا-به-پایین نمره قبولی دهید. نکات گفته‌شده در مرحله ۵ در مورد قابل‌تمیزبودن حفره‌ها داخل سطرها را عینا در اینجا در مورد حفره‌های داخل ستون‌ها اعمال کنید.

۸- برای جفت‌آرایه با اندازه حفره کوچک‌تر، قدم‌های ۴ تا ۷ را برای ارزیابی ادامه دهید تا کوچک‌ترین اندازه حفره قابل‌تفکیک برای جهت‌های راست-به-چپ و بالا-به-پایین پیدا شود.

۹- کوچک‌ترین اندازه حفره را که در هر جهت قابل‌تفکیک است یادداشت کنید. این رزولوشن اندازه‌گیری شده برای آن جهت است.



شکل ۲-۳: آ) نمایش نوعی حفره‌های کاملاً تفکیک‌شده. ردیف‌های ۲ تا ۴ آرایه UL و ستون‌های ۱ تا ۳ آرایه LR تفکیک‌شده هستند (ردیف‌ها و ستون‌ها از گوشه بالا سمت چپ هر آرایه شماره‌گذاری شده‌اند.) ب) نمونه‌ای از ردیف‌ها و ستون‌های تفکیک نشده و به‌سختی تفکیک‌شده. ردیف ۲ آرایه UL تفکیک‌شده است زیرا هر ۴ حفره از یکدیگر قابل‌تشخیص هستند، حتی اگر حفره‌ها در هر یک از انتهای ردیف با همسایگانشان در ردیف زیرین محو شوند؛ بنابراین، جهت افقی یا راست-به-چپ در این اندازه حفره به‌صورت تفکیک‌شده نمره‌دهی می‌شود. هیچ‌یک از ستون‌های آرایه LR بیش از ۳ نقطه قابل‌تشخیص در داخل ستون را نشان نمی‌دهد، بنابراین جهت عمودی یا بالا-به-پایین در این اندازه حفره قابل‌تفکیک نیست.

۲-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

هیچ تحلیلی برای این آزمون وجود ندارد. تنها کافیست که به‌سادگی رزولوشن اندازه‌گیری‌شده در هر دو جهت برای هر دو *مجموعه‌تصاویر محوری هیرا* یادداشت شود.

۲-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

میدان دید و اندازه ماتریس برای *مجموعه‌تصاویر محوری هیرا* چنان انتخاب شده است تا رزولوشن ۰٫۸ میلی‌متر در هر دو جهت را در پی داشته باشد. برای هر دو جهت در هر دو *مجموعه‌تصاویر محوری هیرا*، رزولوشن اندازه‌گیری‌شده باید ۰٫۸ میلی‌متر یا بهتر باشد.

یک اسکنر باید بتواند این آزمون را در هر دو مجموعه‌تصاویر T1 و T2 هیرا یا در هر دو مجموعه‌تصاویر T1 و T2 سایت پاس کند. یک اسکنر نمی‌تواند فقط یکی از مجموعه‌تصاویر هیرا و یکی از مجموعه‌تصاویر سایت را پاس کند.

۳- صحت ضخامت اسلایس

۳-۱- مقدمه

در آزمون «ضخامت اسلایس» بررسی می‌شود که آیا ضخامت تعیین‌شده اسلایس به‌دست آمده است یا خیر. در این آزمون، ضخامت اسلایس پیش‌تعیین‌شده با مقدار اندازه‌گیری‌شده مقایسه می‌شود.

عدم موفقیت این آزمون بدین معنی است که ضخامت ایجادشده توسط اسکنر با ضخامت از پیش‌تعیین‌شده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای متفاوت است. عموما این مشکل به‌تنهایی رخ نمی‌دهد، زیرا نقص‌های اسکنر که می‌تواند موجب این اتفاق شود می‌تواند مشکلات دیگری نیز در تصویر ایجاد می‌کند. بنابراین، نتایج یک خرابی فقط ضخیم یا نازک‌بودن بیش‌ازحد اسلایس ها نیست، بلکه می‌تواند به مواردی مانند کنتراست ناصحیح تصویر و نسبت سیگنال به نویز کم ختم شود.

۳-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون طول ۲ شیب سیگنال در اسلایس ۱ اندازه‌گیری می‌شود. این کار برای هر دو مجموعه‌تصاویر محوری هیرا انجام می‌شود.

شیب‌ها در ساختاری به‌نام «زیربخش ضخامت اسلایس» دیده می‌شود. شکل ۳-۱ تصویری از اسلایس ۱ با زیربخش ضخامت اسلایس و شیب‌های سیگنال مشخص‌شده را نشان می‌دهد. دو شیب متقاطع هستند که یکی شیب منفی و دیگری شیب مثبت نسبت به صفحه اسلایس ۱ دارند. این شیب‌ها با برش شکاف‌هایی در یک بلوک پلاستیکی ایجاد می‌شود. شکاف‌ها به سمت داخلی فانتوم باز هستند و با همان محلولی پر شده‌اند که تمام فانتوم را پر می‌کند.

شیب‌های سیگنال نسبت به صفحه اسلایس ۱ دارای شیب ۵ به ۱ هستند، یعنی با اسلایس ۱ زاویه‌ای حدود ۱۱/۳ درجه ایجاد می‌کند. بنابراین شیب‌های سیگنال در تصویر اسلایس ۱ با طولی ۵ برابر ضخامت اسلایس ظاهر می‌شود. اگر فانتوم در جهت چپ-راست کج شود، یک شیب طولانی‌تر از دیگری ظاهر می‌شود. وجود شیب‌های متقاطع امکان اصلاح خطای ایجادشده توسط کج‌شدگی چپ-راست را فراهم می‌کند و در بخش بعدی فرمول ارائه‌شده برای محاسبه ضخامت اسلایس این مورد را در نظر می‌گیرد.

شکل ۳-۱: اسلایس ۱ با زیربخش ضخامت اسلایس و شیب سیگنال نشان‌داده‌شده.

برای هر *مجموعه‌تصاویر محوری هیرا*، طول شیب‌های سیگنال در اسلایس ۱ طبق روش زیر اندازه‌گیری می‌شود:

۱- اسلایس ۱ را نمایش دهید و تصویر را ۲ تا ۴ برابر بزرگ کنید تا اینکه زیربخش ضخامت اسلایس کاملاً روی صفحه دیده شود.

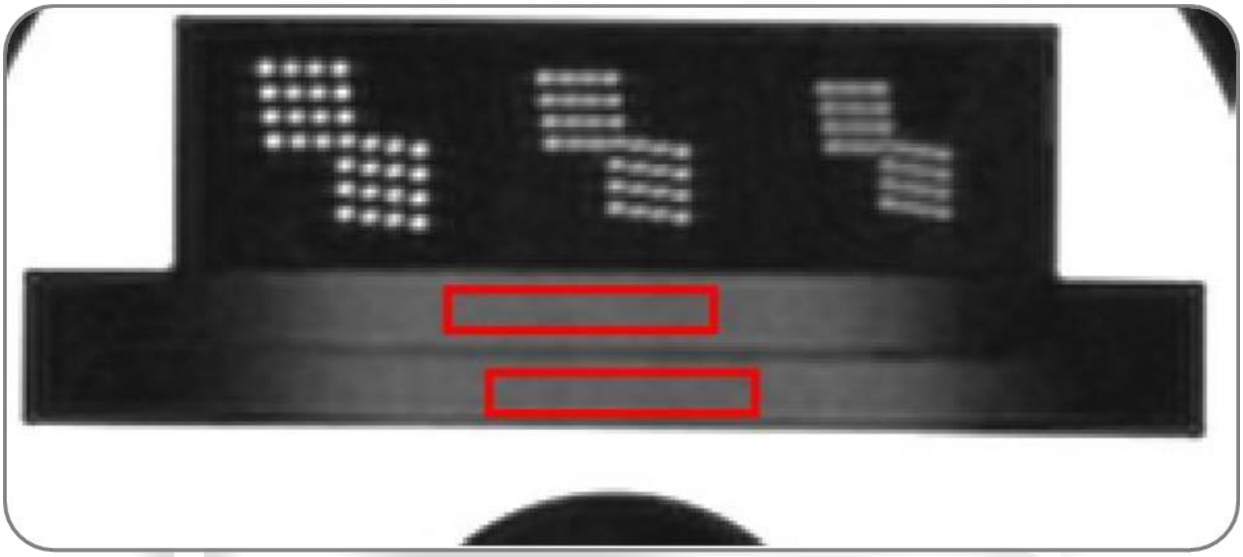
۲- سطح نمایش را طوری تنظیم کنید که شیب سیگنال به‌خوبی دیده شود. روشنایی شیب سیگنال بسیار کمتر از آب اطراف است، بنابراین معمولاً لازم است سطح نمایشگر به‌طور قابل‌توجهی کاهش یابد و پهنای پنجره باریک شود.

۳- مطابق با شکل ۳-۲، یک ROI مستطیلی در وسط هر یک از شیب‌های سیگنال قرار دهید. برای هریک از این ROIها، به مقدار میانگین سیگنال توجه کرده و سپس آن دو را باهم میانگین بگیرید. نتیجه عددی است که میانگین سیگنال را در وسط شیب تقریب میزند. اگر یک ROI مستطیلی در دسترس نباشد، می‌توان از یک ROI بیضوی استفاده کرد.

توجه: به‌هنگام انجام این اندازه‌گیری‌ها، مراقب باشید به‌طور کامل پهنای شیب را با ROIها در جهت بالا-به-پایین پوشش دهید، اما اجازه ندهید تا ROIها خارج از شیب به مناطق کناری با سیگنال پایین یا بالا کشیده شود. درصورتی‌که تفاوت زیادی- بیشتر از ۲۰٪- بین مقادیر سیگنال به‌دست‌آمده برای دو ROI وجود داشته باشد، اغلب به این دلیل است که یک یا هر دو ROI مناطقی خارج از رمپ را شامل شده‌اند.

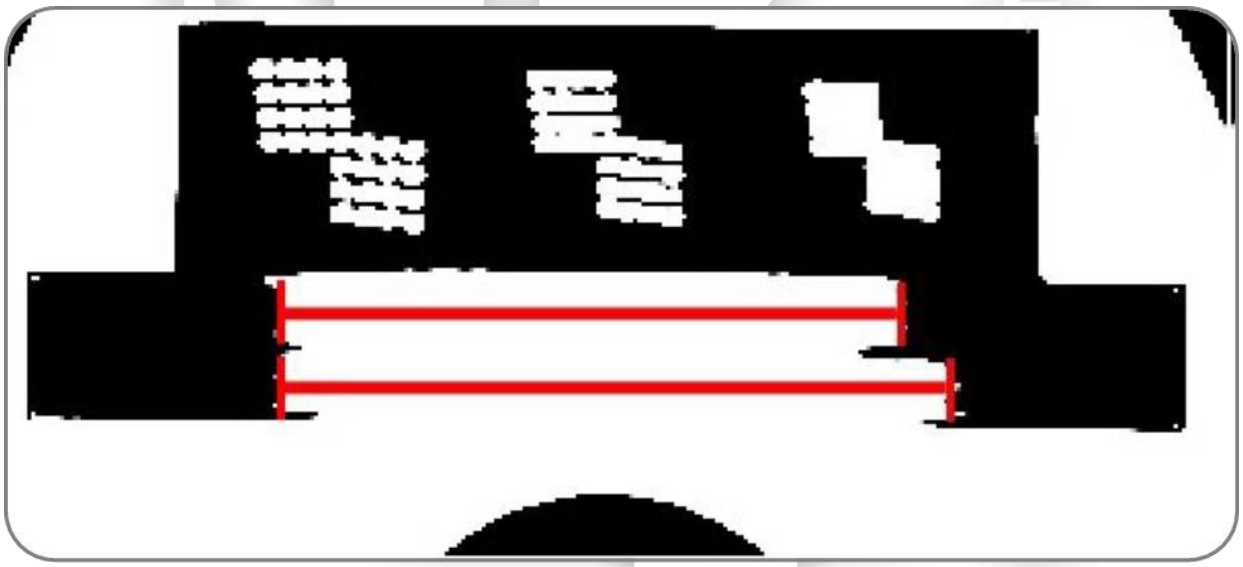
۴- سطح نمایش را به نصف مقدار سیگنال شیب متوسط محاسبه‌شده در گام ۳ پایین بیاورید. پهنای پنجره نمایش را به کمترین حالت ممکن تنظیم کنید.

توجه: برخی از اسکنرها از مقدار پیکسل ۱۰۲۴ به‌عنوان سطح سیگنال صفر استفاده می‌کنند. برای چنین اسکنرهایی لازم است به هنگام محاسبه میانگین سیگنال در مرحله ۳ و تنظیم سطح نمایش به نصف آن مقدار در مرحله ۴، این موضوع را درنظر بگیرید. هدف این است که سطح نمایش به مقدار عددی متناظر با سیگنالی که نصف سیگنال میانگین وسط شیب‌ها باشد تنظیم شود.



شکل ۳-۲: منطقه بزرگ‌نمایی‌شده اسلایس ۱، شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را با ROIهای جایگذاری برای اندازه‌گیری سیگنال میانگین در شیب‌ها را نشان می‌دهد.

۵- از ابزار اندازه‌گیری طول بر روی نمایشگر برای اندازه‌گیری طول شیب‌های بالا و پایین استفاده کنید (شکل ۳-۳). این طول‌ها تنها اندازه‌گیری‌های لازم برای این آزمون هستند.



شکل ۳-۳: قسمت بزرگ‌نمایی‌شده اسلایس ۱ که شیب‌های سیگنال ضخامت اسلایس را نشان می‌دهد. پهنای پنجره نمایش صفر و سطح نمایش، نصف سطح سیگنال میانگین شیب است. اندازه‌گیری طول شیب‌ها، بر روی تصویر نشان داده شده است (خطوط خاکستری).

اغلب، خط‌بندی‌های افقی در شدت روشنایی شیب سیگنال وجود دارد که باعث می‌شود انتهای دو طرف به‌صورت گوش‌ماهی و لباس نخ‌نخ‌شده به‌نظر برسد. خط‌بندی‌ها درواقع جلوه‌ای از آرتیفکت بریدگی (گیبس)[1] هستند و این پدیده طبیعی است. در این مورد، برای اندازه‌گیری طول شیب باید میانگین مکان انتهای شیب‌ها را تخمین زد. شکل ۳-۳ نمونه‌ای از این مسئله و نحوه اندازه‌گیری آن را نشان می‌دهد. برآورد انتهای شیب منبع خطا است، اما یک میلی‌متر خطا در اندازه‌گیری طول شیب متناظر با فقط یک‌دهم میلی‌متر خطا ضخامت اسلایس است، بنابراین خطاهای ایجادشده درواقع کم هستند.

۳-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

ضخامت اسلایس به‌صورت کلی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Slice thickness}\left(FWHM\right)=\frac{\left(l_{top}+l_{bottom}\right)\cos\phi+\sqrt{\left(l_{top}+l_{bottom}\right)^{2}\cos^{2}\phi+4l_{top}l_{bottom}\sin^{2}\phi}}{2\sin\phi}$$

که در آن l_{top} و l_{botton} به ترتیب برابر با طول اندازه‌گیری‌شده سیگنال شیب بالا و پایین و ϕ زاویه بین دو شیب است.

درصورتی‌که نسبت شیب‌ها به‌صورت ۱۰ به ۱ باشد، فرمول به‌صورت زیر ساده می‌شود:

$$\text{Slice thickness}=0.2\times\frac{l_{top}\times l_{bottom}}{l_{top}+l_{bottom}}$$

نکته: لازم به ذکر است که در این فانتوم، زاویه بین دو شیب ۵ به ۱ است!

مثال: در فانتومی که زاویه بین دو شیب **۵ به ۱** باشد، اگر سیگنال شیب بالا ۲۲٫۹ میلی‌متر و شیب پایین ۲۴٫۸ میلی‌متر طول داشته‌باشد، ضخامت اسلایس محاسبه‌شده برابر با مقدار زیر خواهدبود (با نسبت شیب ۵ به ۱، زاویه بین دو شیب ۱۵۷٫۴ درجه خواهد بود):

$$\text{Slice thickness}=\frac{\left(22.9+24.8\right)\times\cos157.4^{\circ}+\sqrt{\left(22.9+24.8\right)^{2}\cos^{2}\phi+4\times22.9\times24.8\times\sin^{2}157.4^{\circ}}}{2\times\sin157.4^{\circ}}$$

$$=4.8mm$$

$$\phi=180^{\circ}-2\times11.3^{\circ}=157.4^{\circ}$$

[1] *Truncation (Gibbs) Artifact*

حال در فانتومی که زاویه بین دو شیب **۱۰ به ۱** باشد و سیگنال شیب بالا ۵۹٫۵ میلی‌متر و شیب پایین ۴۷٫۲ میلی‌متر به‌دست آمده‌باشد، ضخامت اسلایس محاسبه‌شده برابر با مقدار زیر خواهدبود:

$$Slice\ thickness = 0.2 \times (59.5 \times 47.2) / (59.5 + 47.2) = 5.26\ mm$$

۳-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

برای هر دو مجموعه‌تصاویر هیرا، ضخامت اسلایس اندازه‌گیری‌شده باید در محدوده ۰٫۷ ± ۵ میلی‌متر باشد. خطای بیشتر از ۱± میلی‌متر منجر به شکست این آزمون می‌شود. اگر خطای هر یک از *مجموعه‌تصاویر هیرا* بیشتر از ۱± باشد، مجموعه‌تصاویر مرکز را ارزیابی کنید. اگر ضخامت اسلایس برای هر دو مجموعه‌تصاویر مرکز ۱٫۰ ± ۵ میلی‌متر باشد، اسکنر آزمون را با موفقیت پاس می‌کند.

۴- صحت موقعیت اسلایس

۴-۱- مقدمه

آزمون «صحت موقعیت اسلایس»، صحت مکان اسلایس‌های جایگذاری‌شده برروی تصاویر مکان‌یاب[1] (لوکالایزر)- که به‌عنوان یک مرجع در مشخص‌کردن مکان اسلایس‌ها برای اخذ داده نهایی می‌باشد- را ارزیابی می‌کند.

عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که مکان‌های واقعی اسلایس‌های به‌دست‌آمده با مکان‌های ازپیش‌تعیین‌شده آنها به اندازه قابل‌توجهی متفاوت‌تر از حد طبیعی است که برای یک اسکنر با عملکرد خوب لازم است.

۴-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون اختلاف بین موقعیت ازپیش‌تعیین‌شده و واقعی اسلایس ۱ اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها برروی مجموعه‌تصاویر T1 و T2 هیرا انجام می‌شود.

از بخش دیباچه به خاطر بیاورید که اسلایس ۱ بر روی مکان‌یاب چنان تعیین می‌شوند تا با رئوس گووه‌های متقاطع ۴۵-درجه انتهای تحتانی فانتوم همسو شود (شکل ۰-۱). در اسلایس ۱، گووه‌های متقاطع به‌صورت یک جفت نوار کنارهم، تیره و عمودی در بالا (سمت قدامی) فانتوم دیده می‌شود. شکل ۴-۱ اسلایس ۱ را نشان می‌دهد که نوارهای عمودی گووه‌های متقاطع را نشان می‌دهد.

برای اسلایس‌های ۱ و ۱۱، اگر اسلایس دقیقاً در رأس گوه‌های متقاطع قرار گیرد، گوه‌ها به‌صورت نوارهای تیره با طول برابر روی تصویر دیده می‌شود. با طراحی گوه‌ها، اگر اسلایس با توجه به رأس به سمت فوقانی[1]

[1] *Localizer*

جابجا شود، نوار از دید سمت راست ناظر (چپ آناتومیکی) طولانی‌تر خواهد بود (شکل ۴-۲- آ). اگر اسلایس نسبت به رأس به سمت تحتانی[۲] جابجا شود، نوار سمت چپ طولانی‌تر خواهد شد (شکل ۴-۲- ب).

شکل ۴-۱: نمایش تصاویر اسلایس ۱ با جفت نوارهای عمودی از گووه های متقاطع ۴۵ درجه. روی این تصاویر، اختلاف طول بین نوارهای سمت راست و چپ کم و نمونه‌ای از اسلایس‌های با موقعیت مناسب است.

اندازه‌گیری‌ها بر روی اسلایس‌های ۱ و ۱۱ *مجموعه‌تصاویر T1 و T2 هیرا* انجام می‌شود. برای هر تصویر از رویه زیر استفاده کنید:

۱- اسلایس را نمایش و تصویر را ۲ تا ۴ برابر بزرگ کنید؛ طوری که نوارهای عمودی گوه‌های متقاطع در قسمت نمایش‌داده‌شده تصویر بزرگ دیده شود.

۲- پهنای پنجره نمایش را طوری تنظیم کنید که انتهای نوارهای عمودی کاملاً مشخص بوده و مبهم نباشد. این‌کار به این معنی است که پهنای پنجره نمایش باریک باشد. تنظیم سطح نمایش خیلی

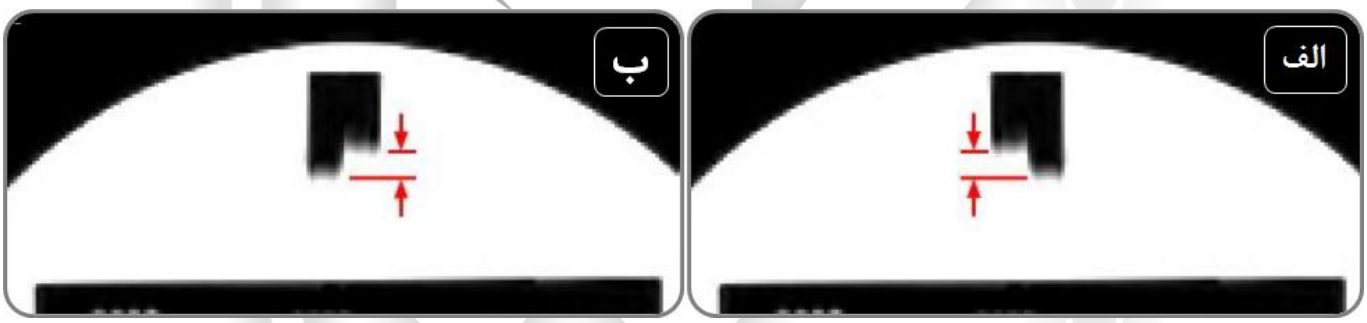
[1] Superior
[2] *Inferior*

حساس نمی‌باشد، اما باید روی مقداری تقریباً نصف سیگنال قسمتهای روشن که کاملاً شامل آب فانتوم است تنظیم شود.

۳- از ابزار اندازه‌گیری طول برای اندازه‌گیری اختلاف طول بین نوارهای چپ و راست استفاده کنید. طولی را که لازم است اندازه‌گیری شود، با فلش در شکل ۴-۲ نشان داده شده است.

اگر نوار سمت چپ بلندتر باشد، به طول علامت منفی اختصاص دهید. برای مثال، اگر اختلاف طول نوار ۵٫۰ میلی‌متر باشد و نوار سمت چپ طولانی‌تر باشد، طول اندازه‌گیری‌شده را بصورت ۵٫۰- میلی‌متر ثبت کنید.

به‌طورکلی در این آزمون ۸ اندازه‌گیری طول (۴ اندازه‌گیری برای اسلایس ۱ و ۴ اندازه‌گیری برای اسلایس ۱۱) وجود دارد.



شکل ۴-۲: تصاویر اسلایس ۱ که اندازه‌گیری خطای موقعیت اسلایس را نشان می‌دهد. فلش‌ها اختلاف طول نوار را نشان می‌دهد که باید اندازه‌گیری شود. آ) اگر نوار سمت راست طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه پایین‌تر (فوقانی) جایگذاری شده است؛ دراین‌صورت به این اختلاف طول نوار، یک مقدار مثبت اختصاص داده می‌شود. ب) اگر نوار سمت چپ طولانی‌تر باشد، به این معنی است که اسلایس به اشتباه پایین‌تر (تحتانی) قرار گرفته‌است؛ به این اختلاف طول نوار مقدار منفی اختصاص داده می‌شود.

۴-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

در این آزمون به تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها نیازی نیست. معیارهای عمل برحسب محدودیت در اندازه‌گیری اختلاف طول نوار مشخص می‌شود.

با این حال، چون گوه‌های متقاطع دارای شیب ۴۵ درجه هستند، اختلاف طول نوار دو برابر خطای جابجایی واقعی اسلایس است. به‌عنوان‌مثال، اختلاف طول نوار ۵٫۰- میلی‌متر نشان می‌دهد که اسلایس از رأس گوه‌های متقاطع به اندازه ۲٫۵ میلی‌متر به سمت تحتانی جابجا شده است.

۴-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

اختلاف مطلق طول نوار باید ۵ میلی‌متر یا کمتر باشد.

همانطور که در بخش «قابلیت آشکارسازی در کنتراست کم» توضیح داده می‌شود، اختلاف طول نوار بیش از ۴ میلی‌متر در اسلایس ۷، بر روی نمره «قابلیت آشکارسازی در کنتراست کم» تأثیر منفی می‌گذارد. بنابراین، اگرچه ۵ میلی‌متر برای این آزمون قابل‌قبول است، اما توصیه می‌شود اختلاف طول نوار را تا ۴ میلی‌متر یا کمتر نگه دارید.

۵- یکنواختی شدت‌روشنایی تصویر

۵-۱- مقدمه

آزمون «یکنواختی شدت روشنایی تصویر»، یکنواختی و همگنی شدت روشنایی تصویر را در یک منطقه بزرگ فقط-آب از فانتوم که در نزدیکی وسط حجم تصویربرداری و بنابراین در نزدیکی وسط کویل سر قرار گرفته باشد اندازه‌گیری می‌کند.

کویل زانو در کاربردهای بالینی، هنگامی‌که به‌طور معمول برای زانو انسان بارگذاری شود، دارای حساسیت فضایی نسبتاً یکنواختی در نزدیکی وسط کویل هستند. عدم‌موفقیت این آزمون بدین معناست که اسکنر تغییرات قابل‌توجهی در شدت تصویر دارد که در حالت طبیعی و با عملکرد صحیح یک سیستم MRI وجود ندارد. غیریکنواختی شدت تصویر، در واقع نقص در اسکنر که اغلب کویل سر معیوب یا مشکل در زیرسیستم‌های فرکانس‌رادیویی است را نشان می‌دهد.

۵-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون، سطح بالا و پایین سیگنال در یک منطقه بزرگی از فانتوم- که به‌صورت فیزیکی یکنواخت بوده و فقط شامل آب باشد- اندازه‌گیری می‌شود. این کار برروی اسلایس همگن فانتوم (اسلایس ۴) *مجموعه‌تصاویر محوری T1 و T2 هیرا* انجام می‌شود.

برای هر یک از دو مجموعه‌تصاویر، اندازه‌گیری‌ها مطابق با رویه زیر انجام می‌شود:

۱- اسلایس همگن را نمایش دهید.

۲- یک ROI بزرگ و دایروی بر روی تصویر مطابق با آنچه که در شکل ۵-۱ نشان داده شده است قرار دهید. این ROI باید ناحیه ای بین ۵۴ سانتی متر مربع و ۵۶ سانتی متر مربع را شامل شود (۵۴۰۰ تا

۵۶۰۰ میلی‌متر مربع). این ROI مرز ناحیه‌ای را تعیین می‌کند که یکنواختی تصویر در آن اندازه‌گیری می‌شود. اگرچه میانگین شدت‌روشنایی پیکسل‌ها داخل این ROI برای آزمون یکنواختی نیاز نیست، بااین‌حال، برای آزمون «درصد سایه افکنی سیگنال» (بخش۶- درصد سایه‌افکنی سیگنال) استفاده می‌شود؛ بنابراین باید توجه شود.

پهنای پنجره نمایش را برروی کمینه آن تنظیم کنید و سطح پنجره را تا آنجایی که تمام قسمت داخل ROI بزرگ سفید شود پایین بیاورید. اکنون هدف این است به آرامی سطح پنجره را بالا ببرید تا اینکه در داخل ROI، یک منطقه کوچک تقریبا ۱ سانتی متر مربعی پیکسل سیاه توسعه یابد. این منطقه کمینه سیگنال در ROI بزرگ است.

گاهی اوقات بیش از ۱ منطقه با پیکسل‌های تاریک ظاهر می‌شود. دراین‌صورت، توجه را به منطقه تاریک بزرگ متمرکز کنید.

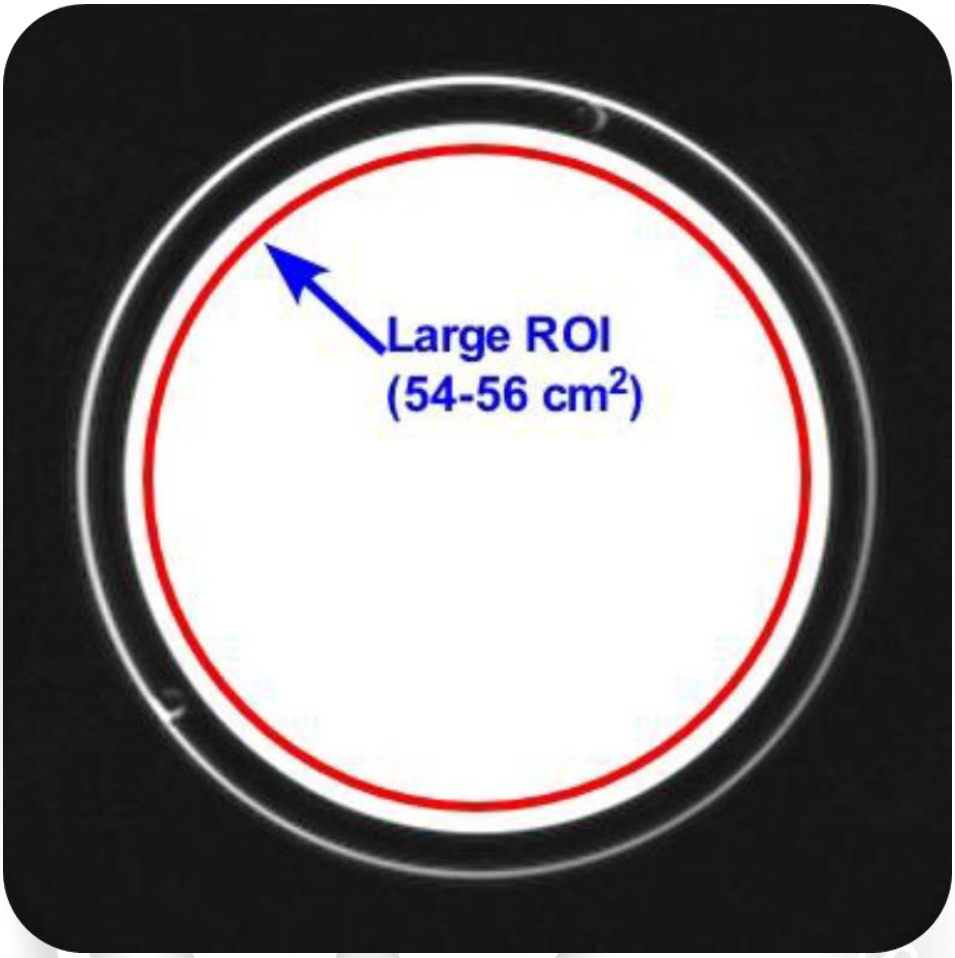
ممکن است اتفاق بیفتد که به‌جای داشتن یک منطقه تاریک کاملاً مشخص، در نهایت یک یا چند منطقه تاریک گسترده و نامشخص یا مناطقی از پیکسل‌های سیاه و سفید مخلوط داشته باشید. دراین‌صورت، یک برآورد تصویری یک سانتی‌مترمربعی از مکان تاریک‌ترین قسمت بزرگ‌ترین منطقه تاریک داشته باشید.

۳- یک ROI ۱ سانتی‌متر مربعی دایره‌ای در منطقه با سیگنال پایین که در در مرحله ۳ شناسایی شده قرار دهید. شکل ۵-۲-آ یک تصویر نوعی را نشان می‌دهد که در این نقطه به چه شکل است.

مقدار میانگین پیکسل‌ها را برای این ROIهای ۱ سانتی‌مترمربعی ثبت کنید. این مقدار اندازه‌گیری‌شده سیگنال پایین است.

اگر در مورد محل قرار دادن ROI مطمئن نیستید و مشخصاً تاریک‌ترین مکان وجود ندارد، چندین مکان را امتحان کنید و مکانی را انتخاب کنید که کمترین مقدار پیکسل را داشته باشد.

۴- سطح پنجره را تا زمانی بالا ببرید که همه پیکسل‌ها سیاه شود؛ به جز منطقه کوچک و تقریبا ۱ سانتی‌مترمربعی با پیکسل سفید در داخل ROI بزرگ باقی بماند. این منطقه، منطقه با بالاترین سیگنال است.

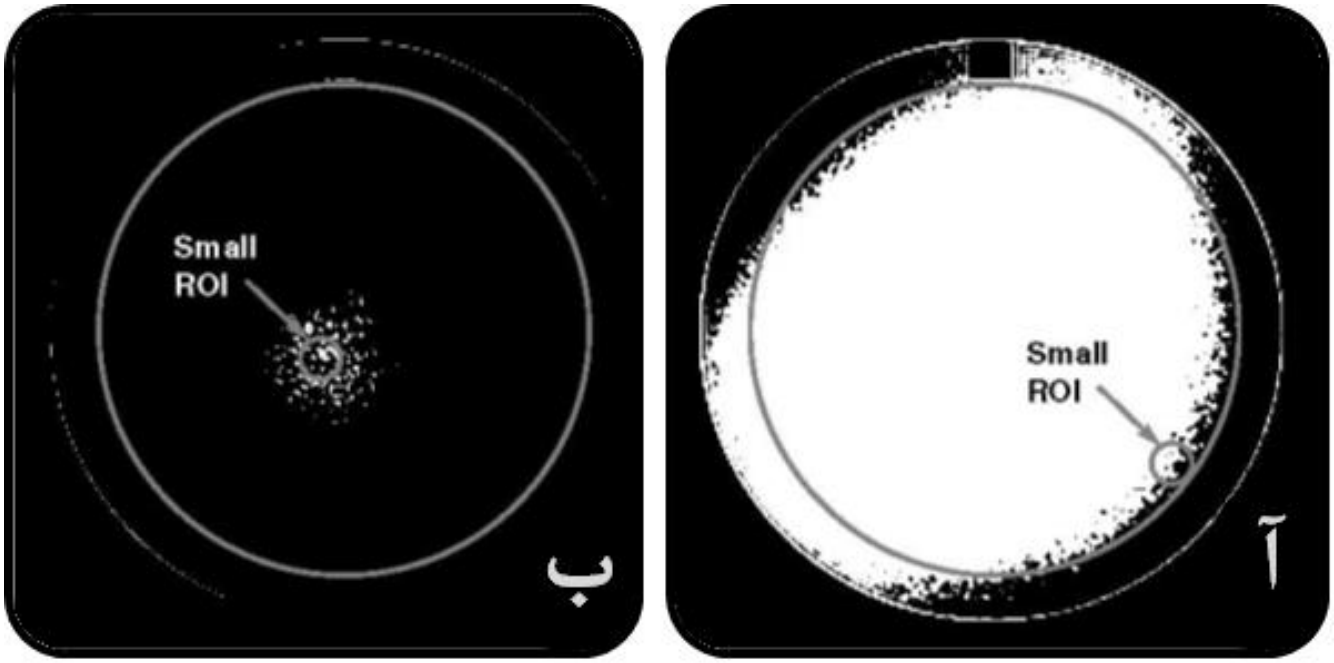


شکل ۵-۱: تصویر اسلایس شماره ۷ که اندازه و محل قرار گرفتن ROI بزرگ ۲۰۰ سانتی‌متر مربعی را نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌های مربوط به یکنواختی تصویر، داخل مرز مشخص شده انجام می‌گیرد.

گاهی اوقات بیشتر از یک منطقه با پیکسل‌های سفید باقی خواهدماند. دراین‌صورت، توجه را به بزرگ‌ترین منطقه سفید متمرکز کنید. ممکن است اتفاق بیفتد که به‌جای داشتن یک منطقه سفید مشخص، یک یا چند ناحیه پراکنده از پیکسل‌های سیاه‌وسفید مخلوط به‌دست آید. دراین‌صورت، بهترین مکان را برای روشن‌ترین قسمت ۱ سانتی‌مترمربعی از بزرگ‌ترین ناحیه روشن تخمین بزنید.

۵- ROI دایره‌ای ۱ سانتی‌مترمربعی را روی ناحیه با سیگنال بالا که در مرحله ۵ مشخص شده است قرار دهید. شکل ۵-۲-ب نشان می‌دهد که یک تصویر معمولی در این نقطه چگونه است.

میانگین مقدار پیکسل را برای این ROI ۱ سانتی‌مترمربعی ثبت کنید. این مقدار، مقدار سیگنال بالای اندازه‌گیری‌شده است.



شکل ۵-۲: تصویر اسلایس همگن که پنجره گذاری تصویر و قرار دادن ROIهای یک سانتی‌مترمربعی کوچک برای اندازه‌گیری‌های یکنواختی تصویر را نشان می‌دهد. آ) نمونه‌ای از پنجره‌گذاری و قراردادن ROI برای اندازه‌گیری مقدار سیگنال پایین. در این مورد مکان مناسب برای قرار دادن ROI کوچک کاملاً مشخص نیست. از این رو، راهنمایی ارائه‌شده در مرحله ۳ در بالا دنبال شده است. ROI در جایی قرار گرفته است که ازنظر بصری بزرگ‌ترین منطقه تاریک ۱ سانتی‌مترمربعی در ROI بزرگ تخمین زده می‌شود. ب) نمونه‌ای از پنجره‌گذاری و قراردادن ROI برای اندازه‌گیری مقدار سیگنال بالا. به دنبال راهنمای مرحله ۵ در بالا، ROI در جایی قرار گرفته است که ازنظر بصری بزرگ‌ترین منطقه روشن ۱ سانتی‌مترمربعی در داخل ROI بزرگ تخمین زده می‌شود.

اگر در مورد محل قرار دادن ROI، به دلیل اینکه هیچ مکان روشن و واضحی وجود ندارد دودل هستید، چندین مکان را امتحان کنید و محلی را که بالاترین مقدار متوسط پیکسل را دارد انتخاب کنید.

توجه: ، ابزار ROI در برخی از ایستگاه‌های‌کاری، میزان حداکثر و حداقل مقادیر پیکسل را در ROI گزارش می‌دهند. وسوسه انگیز است که از این دو به‌عنوان مقادیر سیگنال بالا و پایین استفاده کنیم. با این حال، ما خلاف آن را توصیه می‌کنیم. با توجه به وجود نویز در تصویر، استفاده از حداکثر و حداقل مقادیر پیکسل، منجر به بیش‌برآورد سیستماتیک سیگنال بالا و کم‌برآورد سیگنال پایین می‌شود. این خطای سیستماتیک می‌تواند قابل‌توجه باشد و آزمون را به سمت شکست سوق می‌دهد.

۵-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

مقادیر سیگنال بالا و پایین برای هر یک از مجموعه‌تصاویر هیرا با یکدیگر ترکیب می‌شود تا مقداری که با عنوان «درصد یکنواختی شدت‌روشنایی (PIU)» نامیده می‌شود تولید شود. برای محاسبه PIU از فرمول زیر استفاده کنید:

$$PIU = 100 \times (1 - \{ (high - low)/(high + low) \}).$$

در این فرمول منظور از high، مقدار اندازه‌گیری‌شده سیگنال بالا و low مقدار اندازه‌گیری‌شده سیگنال پایین است.

۵-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

PIU باید بزرگتر یا مساوی ۸۵٪ باشد.

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

۶- درصد سایه‌افکنی سیگنال

۶-۱- مقدمه

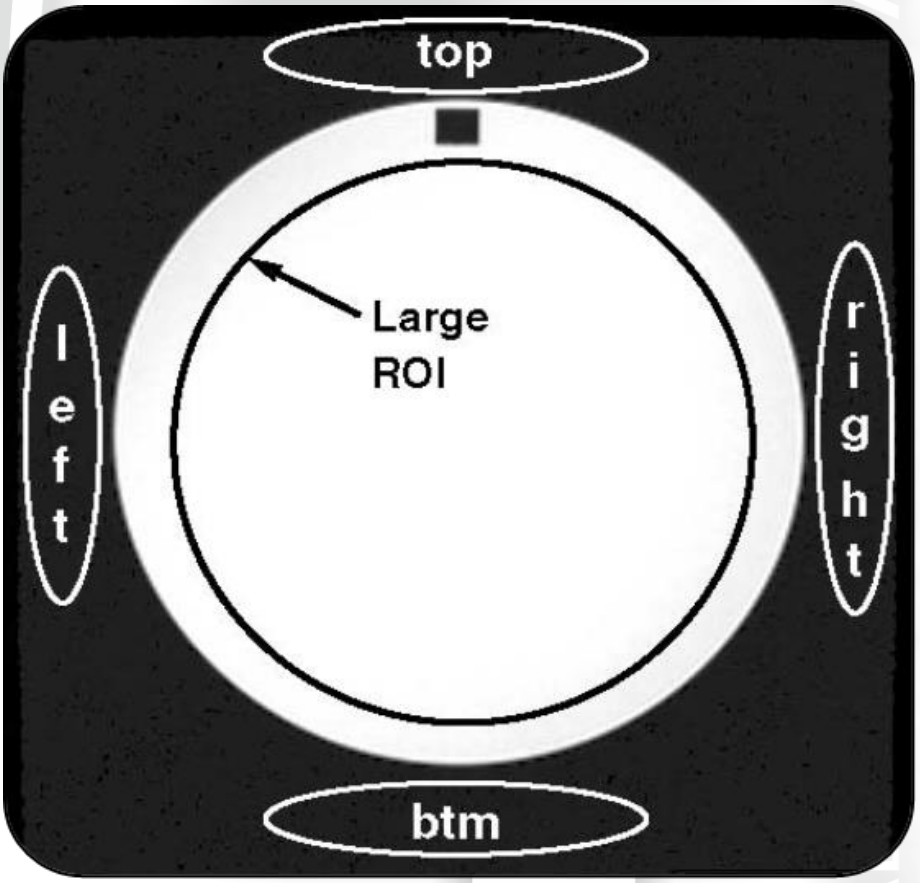
آزمون «درصد سایه‌افکنی سیگنال»، سطح سایه‌افکنی در تصاویر را ارزیابی می‌کند. سایه‌افکنی یک نوع آرتیفکت است که در آن یک کپی کم‌رنگ (سایه) از شیء تصویرگیری‌شده روی تصویر قرار گرفته و از مکان واقعی خود جابجا شده است. اگر سایه‌های سطح‌پایین زیادی وجود داشته باشد، ممکن است به‌عنوان یک کپی از شیء قابل‌تشخیص نباشند، اما به سادگی به‌عنوان یک لکه‌ای از سیگنال ظاهر می‌شوند که در جهت کدگذاری فاز از مناطق روشن تر تصویر واقعی منتشر شده است. سایه‌افکنی نتیجه ناپایداری سیگنال بین تکرارهای چرخه پالس است. برای این آزمون، سطح سیگنال سایه به‌عنوان درصدی از سطح سیگنال در تصویر واقعی (اصلی) اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

سایه‌ها در قسمت‌های پس‌زمینه تصویر- که قاعدتا نباید سیگنالی وجود داشته باشد- بیشتر قابل‌توجه هستند، اما معمولاً قسمت‌های اصلی تصویر را نیز پوشش می‌دهند و شدت واقعی تصویر را تغییر می‌دهند. عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که سایه سیگنال به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از میزانی است که در یک اسکنر با عملکرد مناسب انتظار می‌رود.

۶-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

برای این آزمون، اندازه‌گیری‌ها بر روی اسلایس همگن *مجموعه‌تصاویر T1 هیرا* انجام می‌شود (اسلایس ۴). با استفاده از ابزار ROI ایستگاه‌کاری، ۵ اندازه‌گیری شدت‌روشنایی انجام می‌شود: شدت روشنایی متوسط در تصویر اصلی فانتوم و شدت روشنایی متوسط پس‌زمینه در ۴ مکان خارج از فانتوم. ROIها همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است قرار می گیرند.

سایه کدگذاری فاز یک شی در یک تصویر، ناحیه ای از تصویر است که با جابجایی سایه شیء در امتداد جهت کدگذاری فاز، کشیده می‌شود. سایه‌افکنی‌های یک جسم فقط می‌تواند در جهت کدگذاری فاز آن بیفتند. از آنجایی که ROIهای پس‌زمینه در امتداد چهار لبه FoV قرار می گیرند، دو ROI در سایه کدگذاری فاز فانتوم و دو عدد دیگر در جهت کدگذاری فرکانس قرار می گیرند؛ بنابراین، دو ROI پس‌زمینه سیگنال سایه‌افکنی را نمونه‌برداری می‌کنند و ۲ مورد عاری از سیگنال سایه‌افکنی خواهند بود. داشتن دو ROI پس‌زمینه بدون سایه‌افکنه ضروری است تا به‌عنوان کنترلی بر شدت روشنایی میانگین پس‌زمینه بکار برده شود که می‌تواند تحت‌تاثیر چندین عامل، به ویژه نویز، قرار گیرد.



شکل ۶-۱: تصویر اسلایس همگن که قرارگیری ROI برای اندازه‌گیری درصد سیگنال سایه‌افکنی را نشان می‌دهد.

روش انجام این اندازه‌گیری‌ها به شرح زیر است:

۱- اسلایس همگن *مجموعه‌تصاویر T1 هیرا* را نمایش دهید.

۲- همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است، یک ROI دایره‌ای بزرگ روی تصویر قرار دهید. این ROI باید مساحتی بین ۵۴ سانتی متر مربع و ۵۶ سانتی متر مربع (۵۴۰۰ تا ۵۶۰۰ میلی‌متر مربع)

داشته باشد. ROI باید تقریباً در مرکز فانتوم باشد، اما نباید شامل هیچ یک از مربع تیره کوچکی باشد که در بالا و پایین فانتوم در این اسلایس دیده می‌شود. مقدار میانگین پیکسل‌ها را برای این ROI ثبت کنید.

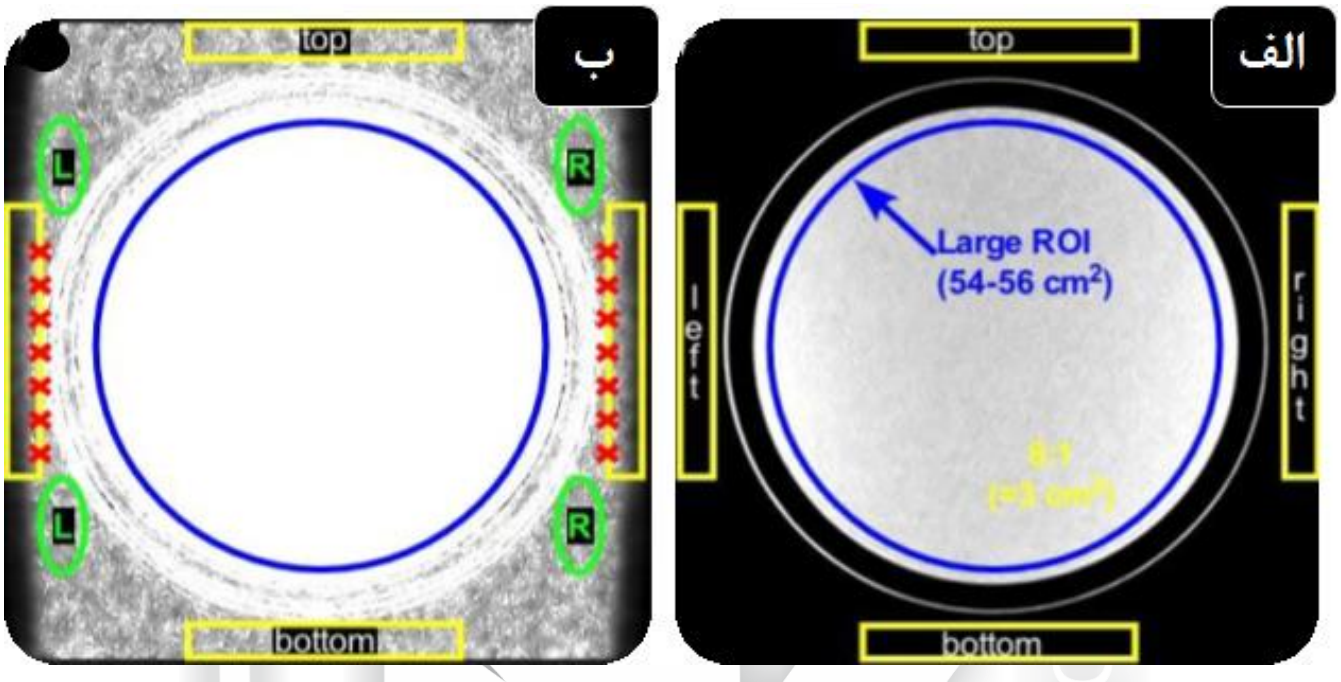
اگر ایستگاه کاری نتواند ROI دایره‌ای ایجاد کند، ممکن است از ROI مربعی استفاده شود. مساحت ROI مربعی باید ۳۹ سانتی‌متر مربع (۳۹۰۰ میلی‌متر مربع) باشد.

۳- همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است، ROI های بیضوی یا مستطیلی را در امتداد (نه درست در مقابل) ۴ لبه FoV قرار دهید.

این ROIها باید مساحت کل حدودا ۳ سانتی‌متر مربع (۳۰۰ میلی‌متر مربع) داشته باشند. این ROIها باید نسبت طول به عرض[1] حدود ۸:۱ داشته باشد و می‌تواند مربعی یا بیضی باشد. برای یک بیضی این نسبت بصورت تقریباً ۷*۵۶ میلی‌متر و برای یک مستطیل تقریباً ۶*۵۰ میلی‌متر است. ما به این ROI ها همانطور که در شکل ۶-۱ نشان داده شده‌اند، ROIهای بالا، پایین، چپ و راست اشاره خواهیم کرد.

مقدار میانگین پیکسل‌ها را برای هر ROI ثبت کنید و مشخص کنید که کدام مقدار مربوط به کدام ROI است. این نکته مهم است که ROIهای پس‌زمینه را در مقابل لبه‌های فانتوم یا در مقابل لبه‌های میدان دید (FOV) قرار نگیرد، بلکه در مرکز بین لبه‌های فانتوم و FOV قرار دهید که نویز واقعی را شامل شود. تنظیم سطح و پهنای پنجره برای نمایش نویز پس‌زمینه (شکل ۶-۱) به اطمینان از قرارگیری صحیح ROI کمک می‌کند. اگر فانتوم در مرکز FOV نباشد، ممکن است لازم باشد که عرض برخی از ROIها را کاهش دهیم تا آنها را بین فانتوم و لبه FOV قرار دهیم. عرض ROI را در صورت لزوم کاهش دهید و طول را افزایش دهید تا یک منطقه تقریباً ۳ سانتی متر مربع حفظ شود. ROI های بالا و سمت راست شکل ۶-۱ نمونه هایی از این مورد هستند.

[1] *Length-to-Width Ratio*



شکل ۶-۲: نحوه اندازه گیری نویز پس‌زمینه زمانی که FOV بازسازی شده خیلی کوچک است.

در برخی از سیستم‌های MRI تخصصی، میدان دید (FOV) یا FOV بازسازی‌شده ممکن است به کمتر از ۱۲ سانتی‌متر محدود شود. در چنین شرایطی باید تلاش کرد تا ROIها را تا حد امکان نزدیک به محل مناسب قرار داد؛ اما بدون اینکه سیگنالی از خود فانتوم یا اثرات لبه مانند فیلترشدن Roll-off یا آرتیفکت‌های گیبس یا برشی[1] را شامل شود. در شکل ۶-۲-الف چهار ROI مستطیلی را نشان می‌دهد که مطابق با آنچه که پیش‌تر توضیح داده شد قرار گرفته‌اند. با تنظیم مناسب سطح و پهنای پنجره برای برجسته‌کردن پس‌زمینه (شکل ۶-۲-ب) می‌بینیم که نویز پس‌زمینه در سمت چپ و راست از فیلتر Roll-off رنج می‌برد. چنین ROI هایی نباید استفاده شود. در عوض، ROIهای کوچکتری را در بالا و پایین قوس فانتوم قرار می دهیم و هر یک از این مقادیر پس‌زمینه را میانگین می‌گیریم.

۶-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

مقدار سایه‌افکنی، به‌عنوان کسری از سیگنال اصلی، با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ghosting ratio} = \left| \frac{(\text{top} + \text{btm}) - (\text{left} + \text{right})}{2 \times (\text{large ROI})} \right|$$

[1] *Gibbs or Truncation Artifact*

که در آن top، btm، left، right و large ROI مقادیر متوسط پیکسل‌ها برای ROI باهمان نام هستند. خط‌های عمودی سمت راست معادله به معنای قدرمطلق مقدار داخل آن است.

۶-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

نسبت سایه‌افکنی باید کمتر یا مساوی ۰٫۰۳۰ (۳٫۰٪) باشد.

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

۷- قابلیت آشکارسازی اشیاء در کنتراست کم

۷-۱- مقدمه

آزمون «قابلیت آشکارسازی اشیاء با کنتراست کم» قابلیت تشخیص اجسام با کنتراست پایین را در تصاویر ارزیابی می‌کند. برای این منظور، داخل فانتوم مجموعه‌ای از اشیاء با کنتراست کم در اندازه و کنتراست‌های متفاوت قرار داده شده است.

توانایی تشخیص اجسام با کنتراست کم در درجه اول با *نسبت کنتراست به نویز (CNR)*[1] به‌دست‌آمده در تصویر تعیین می‌شود و ممکن است باوجود آرتیفکت‌هایی مانند سایه‌افکنی کاهش یابد.

اسکنرها با قدرت میدان‌های مختلف عمدتا در عملکرد *نسبت کنتراست به نویز* متفاوت هستند و پروتکل‌های بالینی معمولاً برای درنظرگرفتن این تفاوت‌ها تنظیم می‌شوند؛ بنابراین، علاوه بر *مجموعه‌تصاویر هیرا*، این آزمون بر روی *مجموعه‌تصاویر مرکز* نیز اعمال می‌شود. اکثر اسکنرها می‌توانند آزمون را بر روی *مجموعه‌تصاویر هیرا* با موفقیت پشت سر بگذارند، اما برای یک اسکنر کافیست تا این آزمون را در هر دو *مجموعه‌تصاویر مرکز* با موفقیت بگذراند.

عدم موفقیت این آزمون به این معنی است که تصاویر ایجادشده توسط اسکنر، اشیاء با کنتراست کم را به‌طور قابل‌توجهی کمتر، نسبت به اکثر اسکنرهای بالینی با عملکرد مناسب نشان می‌دهند. علاوه بر این، این نقص حتی زمانی که از پروتکل بالینی خود سایت نیز استفاده می‌شود، وجود دارد.

[1] *Contrast-to-Noise Ratio (CNR)*

۷-۲- اندازه‌گیری‌های لازم برای انجام این آزمون

اندازه‌گیری‌ها بر روی *مجموعه‌تصاویر هیرا* و *مجموعه‌تصاویر مرکز* انجام می‌شود. اشیاء با کنتراست کم روی ۲ اسلایس (اسلایس‌های ۶ تا ۷) قرار می‌گیرند. در هر اسلایس، اشیاء با کنتراست کم به‌صورت ردیف‌هایی از دیسک‌های کوچک ظاهر می‌شوند که از مرکز دایره مانند پره‌های یک چرخ قرار می‌گیرند. هر پره از ۳ دیسک تشکیل شده است و در هر دایره ۱۰ پره وجود دارد. شکل ۷-۱ اسلایس ۷ را با دایره ۱۰ پره نشان می‌دهد.

تمام دیسک‌های موجود در یک اسلایس داده‌شده کنتراست یکسانی دارد. به ترتیب، اسلایس‌های ۶ و ۷، مقادیر کنتراست ۳٫۶٪ و ۵٫۱٪ است. تمام دیسک‌های موجود در یک پره مشخص دارای قطر یکسانی هستند. با شروع از موقعیت ساعت ۱۲ (یا کمی چپ) و حرکت در جهت پادساعت‌گرد، قطر دیسک به‌تدریج از اولین پره به دهمین پره کاهش می‌یابد.

آنچه باید در این آزمون اندازه‌گیری شود، شمارش تعداد پره‌های کاملی است که در هر یک از ۲ اسلایس مشاهده می‌شود. این کار برای هر یک از ۴ مجموعه‌تصاویر محوری انجام می‌شود.

از روش زیر برای امتیازدادن به تعداد پره‌های کاملی که در یک اسلایس دیده می‌شود استفاده کنید:

۱- اسلایسی را که باید امتیازدهی شود نمایش دهید. بهتر است که با اسلایس ۷ شروع کنید که دارای بالاترین کنتراست اشیاء است.

۲- برای بهتر دیده شدن اشیاء با کنتراست پایین، تنظیمات پهنا و سطح پنجره نمایش را تنظیم کنید. این کار معمولاً به پهنای پنجره نسبتاً باریک و تنظیم دقیق سطح نیاز دارد تا اشیا را از پس‌زمینه به بهترین نحو متمایز کند.

۳- اکنون وظیفه شمردن تعداد پره‌های کامل است. شمردن را با پره‌هایی که بیشترین قطر دیسک را دارند شروع کنید. این پره در ساعت ۱۲ یا کمی در سمت چپ ساعت ۱۲ قرار دارد و به آن پره ۱ می‌گویند.

تعداد پره‌های کامل شمارش‌شده، امتیاز این اسلایس است. امتیاز را ثبت کنید.

یک پره تنها در صورتی کامل درنظر گرفته می‌شود که هر ۳ دیسک آن قابل‌تشخیص باشند. پره‌های کامل باید شمارش شود. باید توجه شود که برای امتیازدهی، دیسک‌های جداگانه شمارش نمی‌شود.

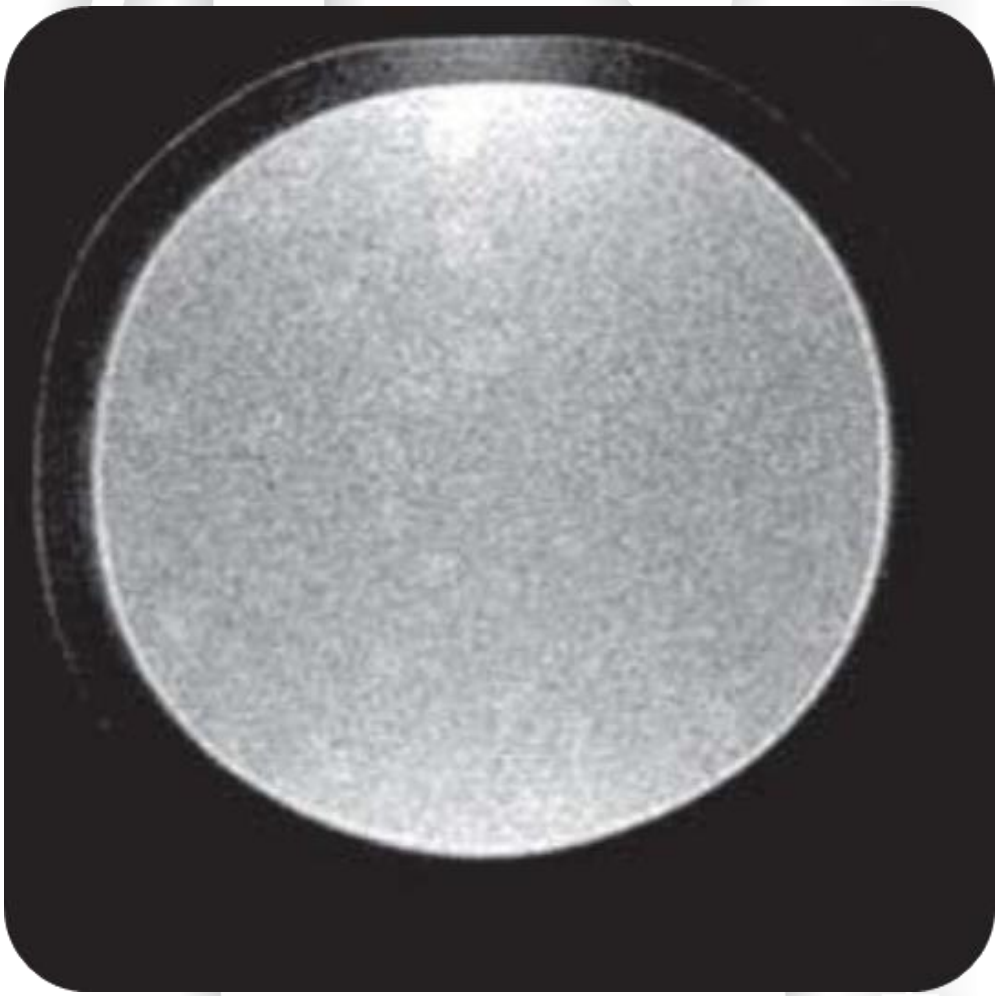
شکل ۷-۱: تصویر اسلایس ۷ که ۱۰ دایره قابل‌رویت را برای آزمون قابلیت آشکارسازی اشیا نشان می‌دهد.

به‌عنوان‌مثال، شکل ۷-۲ تصویری از اسلایس ۶ را نشان می‌دهد که کمتر از ۱۰ پره کامل است. امتیاز این تصویر ۳ پره کامل است.

گاهی اوقات یک پره کامل با اندازه کوچک‌تر به دنبال پره‌ای که کامل نیست وجود خواهد داشت. آن را به‌حساب نیاورید. با اولین پره ناقص، شمارش را متوقف کنید.

دیسک‌هایی که در آستانه تشخیص قرار دارند می‌توانند یک تصمیم دشوار برای امتیازدهی باشند. آنها ممکن است ناهموار یا بدشکل به نظر برسند؛ که در این صورت نیز کافی است. سوال درواقع این است که آیا نوعی لکه یا نقطه در محل شناخته‌شده دیسک وجود دارد تا به‌اندازه کافی با پس‌زمینه متفاوت باشد و بتوان با

اطمینان معقولی گفت که واقعاً چیزی در آنجا وجود دارد یا خیر. در اتخاذ این تصمیم، نگاه به مناطقی که دیسکی وجود ندارد می‌تواند مفید باشد تا نوسانات شدت نویز و آرتیفکت را که ممکن است شبیه دیسکی باشد که به‌سختی قابل‌تشخیص است، بسنجند. دیسکی که تفاوتی با نوسانات نویز پس‌زمینه روشن‌تر ندارد، قابل‌تشخیص تلقی نمی‌شود.



شکل ۷-۲: تصویر بزرگ‌نما و برش‌خورده اسلایس ۶ که دایره اشیاء با کنتراست پایین را نشان می‌دهد. امتیاز درنظرگرفته شده برای این تصویر، ۳ است.

اکثر اسکنرها از حداقل نمره قبولی ارائه‌شده در بخش معیارهای عمل (بخش بعدی) بسیار فراتر می‌روند. در بیشتر موارد، نیازی به‌صرف زمان برای اندیشیدن درباره تصمیمات دشوار روی دیسک‌هایی که به‌سختی قابل‌مشاهده هستند، نیست؛ فقط به‌طور محافظه‌کارانه به آزمون نمره دهید و در رویدادهای غیرمحتملی که امتیاز نهایی زیر قبولی است، مجدداً امتیازدهی را بررسی کنید.

۷-۳- تجزیه‌وتحلیل اندازه‌گیری‌ها

برای هر مجموعه تصاویر، تعداد پره‌های کامل امتیازدهی‌شده در هر اسلایس را جمع کنید. برای مثال، اگر مجموعه تصاویر T2 هیرا ۳ پره در اسلایس ۶، ۸ پره در اسلایس ۷ به دست آورد، مجموع امتیاز برای این مجموعه‌تصاویر، ۱۱ = ۸ + ۳ خواهد بود.

۷-۴- معیارهای اقدام پیشنهادی

برای پاس شدن، هر دو *مجموعه‌تصاویر هیرا* باید حداقل امتیاز نهایی ۹ پره داشته باشند. اگر هر یک از *مجموعه‌تصاویر هیرا* در این آزمون پاس نشود، *مجموعه‌تصاویر مرکز* را ارزیابی کنید. اگر این آزمون برای هر دو *مجموعه‌تصاویر مرکز* پاس شود، اسکنر این آزمون را با موفقیت پشت سر می‌گذارد.

یک اسکنر باید این آزمون را یا با *مجموعه‌تصاویر T1 و T2 هیرا* یا با *مجموعه‌تصاویر T1 و T2 مرکز* پاس کند. یک اسکنر نمی‌تواند فقط یکی از *مجموعه‌تصاویر هیرا* و یکی از *مجموعه‌تصاویر مرکز* را پاس کرده باشد.

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

۸- مشاوره و توصیه‌ها

مطمئن شوید مهندس سرویس در کمتر از یک هفته موظف است سیستم را بررسی و همه‌چیز را درست کند؛ پیش از آنکه تصاویری برای اعتبارسنجی اخذ شود.

سخت‌افزار اسکنر باید حداقل یک ساعت قبل از اخذ داده اعتبارسنجی روشن شود. این توصیه در درجه اول برای مراکزی است که اسکنرهای خود را در شب خاموش می‌کنند.

فانتوم را مرکز کویل زانو قرار دهید. این محل ممکن است جایی نباشد که زانو بیمار به‌طورمعمول قرار می‌گیرد. فانتوم را با مرکز کویل در امتداد جهت تحتانی-قدامی هم‌راستا کنید. همچنین مطمئن شوید که فانتوم ازنظر راست-چپ و قدامی-خلفی در مرکز کویل قرار دارد. این کار به یکنواختی تصویر کمک می‌کند.

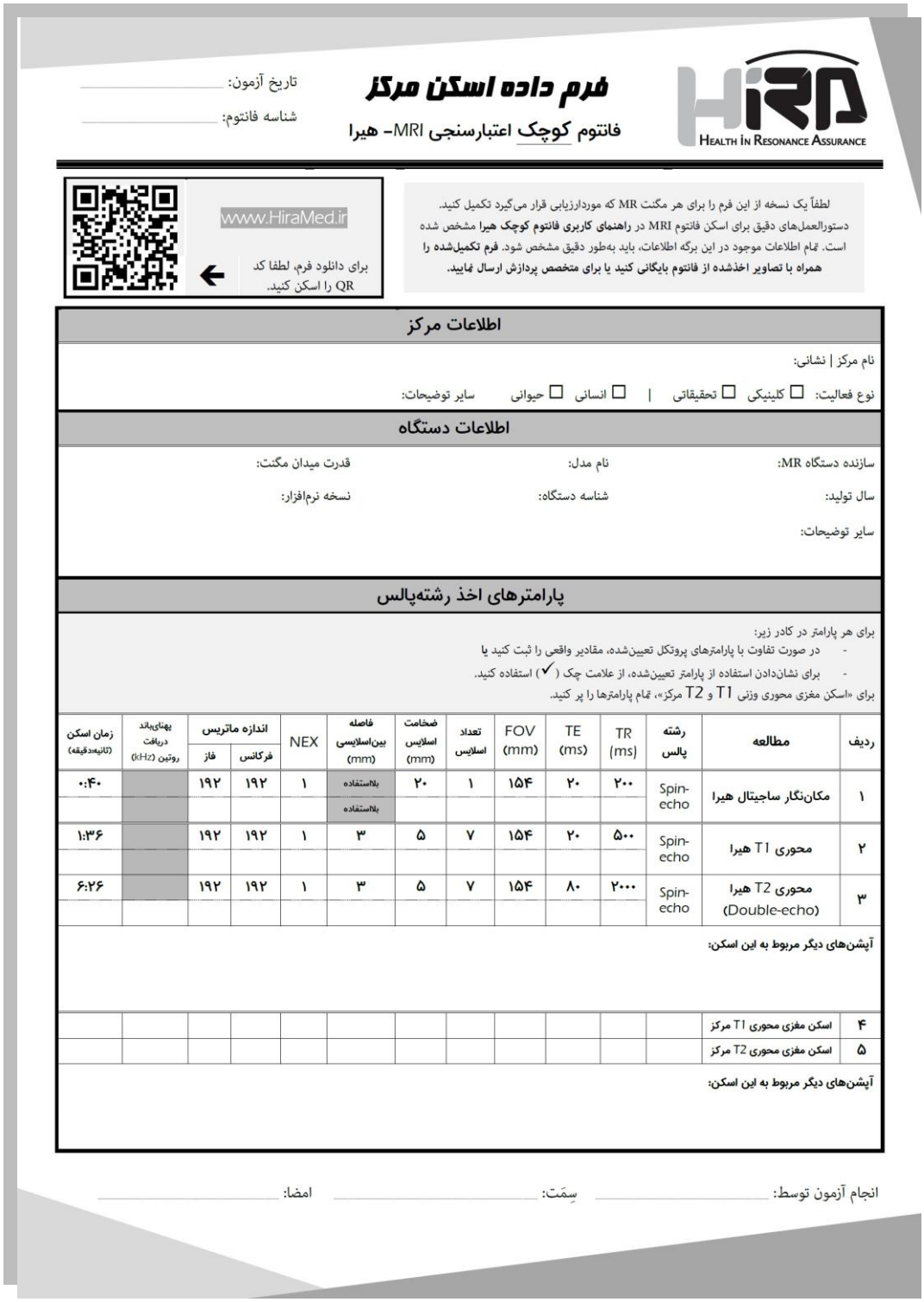
در صورت لزوم از بالشتک و پد برای تثبیت فانتوم در برابر حرکت استفاده کنید تا از آرتیفکت‌های سایه‌افکنی جلوگیری شود.

همان‌طور که در بخش «قابلیت آشکارسازی اشیا با کنتراست کم» توضیح داده شد، لازم است اطمینان حاصل شود که اسلایس‌های ۶ و ۷ تا حد ممکن در مکان صحیح خود در فانتوم قرار گرفته باشند و اینکه فانتوم با محورهای اصلی در یک راستا بوده و کج نباشد.

HIRA
Health in Resonance Assurance

پیوست ۱: فرم داده فانتوم کوچک هیرا

لینک دانلود: www.hiramed.ir/files/DataForm_MRI_SmallPhantom.pdf



HEALTH IN RESONANCE ASSURANCE

فرم داده اسکن مرکز

فانتوم کوچک اعتبارسنجی MRI- هیرا

تاریخ آزمون: _____

شناسه فانتوم: _____

لطفاً یک نسخه از این فرم را برای هر مگنت MR که موردارزیابی قرار می‌گیرد تکمیل کنید.
دستورالعمل‌های دقیق برای اسکن فانتوم MRI در **راهنمای کاربری فانتوم کوچک هیرا** مشخص شده است. تمام اطلاعات موجود در این برگه اطلاعات، باید به‌طور دقیق مشخص شود. **فرم تکمیل‌شده را همراه با تصاویر اخذشده از فانتوم بایگانی کنید یا برای متخصص پردازش ارسال نمایید.**

www.HiraMed.ir

برای دانلود فرم، لطفا کد QR را اسکن کنید.

اطلاعات مرکز

نام مرکز | نشانی:

نوع فعالیت: ☐ کلینیکی ☐ تحقیقاتی | ☐ انسانی ☐ حیوانی سایر توضیحات:

اطلاعات دستگاه

سازنده دستگاه MR: نام مدل: قدرت میدان مگنت:

سال تولید: شناسه دستگاه: نسخه نرم‌افزار:

سایر توضیحات:

پارامترهای اخذ رشته‌پالس

برای هر پارامتر در کادر زیر:
- در صورت تفاوت با پارامترهای پروتکل تعیین‌شده، مقادیر واقعی را ثبت کنید یا
- برای نشان‌دادن استفاده از پارامتر تعیین‌شده، از علامت چک (✓) استفاده کنید.

برای «اسکن مغزی محوری وزنی T1 و T2 مرکز»، تمام پارامترها را پر کنید.

ردیف	مطالعه	رشته پالس	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	تعداد اسلایس	ضخامت اسلایس (mm)	فاصله بین‌اسلایسی (mm)	NEX	اندازه ماتریس		پهنای‌باند دریافت روتین (kHz)	زمان اسکن (ثانیه:دقیقه)
										فرکانس	فاز		
۱	مکان‌نگار ساجیتال هیرا	Spin-echo	۲۰۰	۲۰	۱۵۴	۱	۲۰	بلااستفاده	۱	۱۹۲	۱۹۲		۰:۴۰
								بلااستفاده					
۲	محوری T1 هیرا	Spin-echo	۵۰۰	۲۰	۱۵۴	۷	۵	۳	۱	۱۹۲	۱۹۲		۱:۳۶
۳	محوری T2 هیرا (Double-echo)	Spin-echo	۲۰۰۰	۸۰	۱۵۴	۷	۵	۳	۱	۱۹۲	۱۹۲		۶:۲۶

آپشن‌های دیگر مربوط به این اسکن:

۴	اسکن مغزی محوری T1 مرکز												
۵	اسکن مغزی محوری T2 مرکز												

آپشن‌های دیگر مربوط به این اسکن:

انجام آزمون توسط: _____ سِمَت: _____ امضا: _____