

بسمه تعالی

گزارش تمرین اول

درس : BioMedical Imaging

موضوع : MRI image denoising

تهیه و تنظیم: الهه بدلی ۹۸۲۰۹۰۷۲

به دلایل گوناگونی تصاویر پزشکی معمولاً با نویز همراه هستند. برای تشخیص دقیق، نیازمند این هستیم که این نویز را رفع کنیم. زمان تصویر برداری MRI معمولاً طولانی است به همین دلیل تصاویر دریافتی معمولاً نویزی هستند و SNR پایینی دارند. نویزی که در تصاویر MRI رخ می دهد از نوع Rician می باشد. زمانی که سیستم single coil داریم نویز به کمک Rician distribution مدل می شود که در آن فرض می کند بخش real و imaginary تصویر به صورت uncorrelated Gaussian distribution با میانگین صفر و واریانس برابر می باشد.

انواع مختلفی از روش های رفع نویز در سالیان اخیر مطرح شده که به طور کلی می توان آن ها را به صورت زیر دسته بندی کرد :

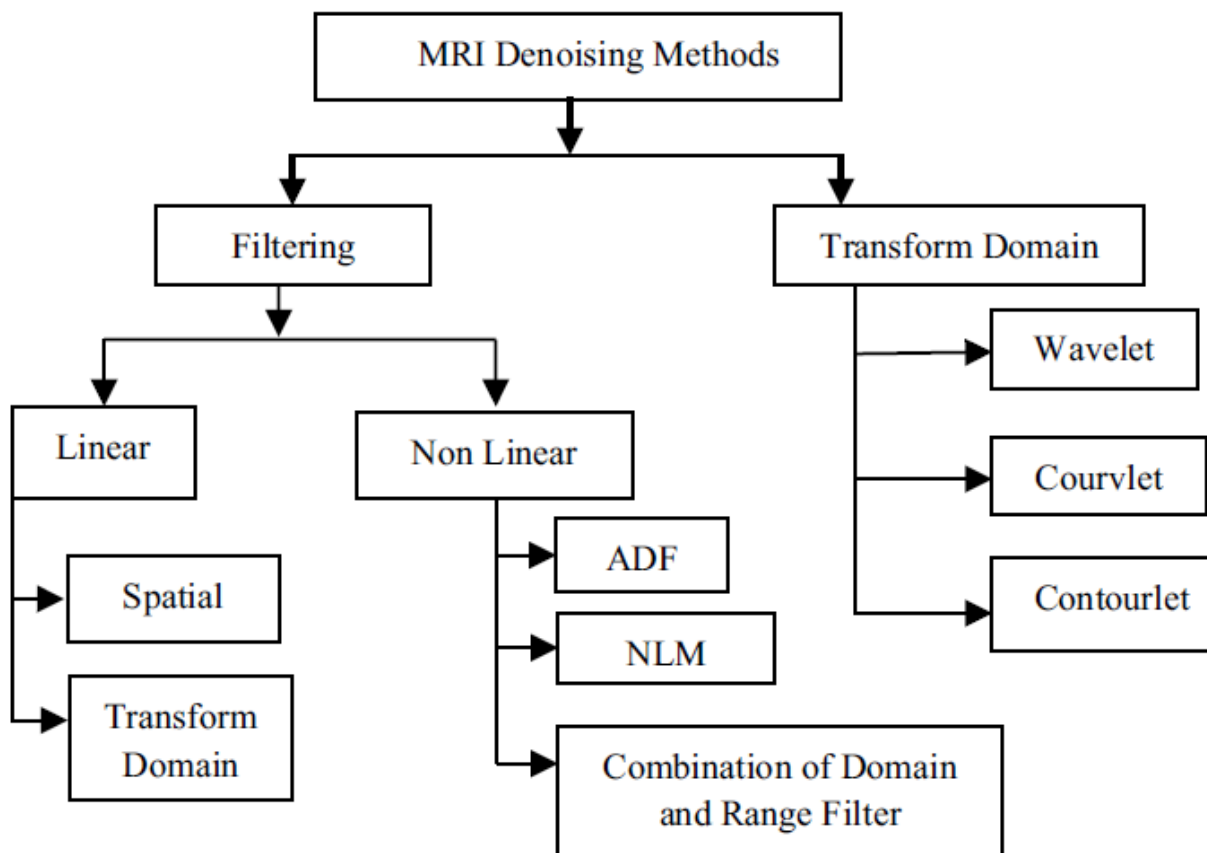


Fig. 1 Classification of MRI denoising methods

Activ
Go to

که در این تمرین به چند مورد از آن اشاره می کنیم.

• Block Matching and 3D filtering (BM3D)

این الگوریتم از جمله الگوریتم های موفق در زمینه image denoising می باشد . نحوه کلی کار BM3D به صورت collaborating filtering است. این متد block هایی از تصویر که شبیه هم هستند را در یک گروه قرار می دهد به این صورت که ابتدا یک block مرجع مشخص می شود سپس block هایی از تصویر که تفاوت آن ها با بلاک مرجع کمتر از یک حد آستانه باشد به آن گروه تعلق می یابد. بنابراین تمام بلاک های یک گروه به صورت یک فضای 3D در می آیند. سپس بر روی گروه بلاک Wiener filtering و Linear transform انجام می شود. با توجه پکیج bm3d موجود می توان مقدار متغیر stage_arg را در دو حالت HARD_THRESHOLDING و All_STAGE قرار داد که در حالت اول صرفا linear transform انجام می شود. در حالت دوم هم hard thresholding انجام می شود و هم Wiener filtering.

• BM3D NIDE VST

Paper title: MRI denoising using BM3D equipped with noise invalidation denoising technique and VST for improved contrast

این متد در سال ۲۰۱۹ ارائه شده است که در آن با افزودن **3 قابلیت** به متد BM3D سعی در بهبود این روش داشته است.

۱. VST

متد BM3D به طور پیش فرض می تواند additive white Gaussian noise (AWGN) را به خوبی denoise کند. اما نویز موجود در تصاویر MRI از نوع Rician است بنابراین به طور مستقیم نمی توان آن را به متد BM3D داد. بنابراین ابتدا variance stabilization transform انجام می دهیم تا وابستگی تصویر به واریانس نویز موجود را حذف کنیم

Anscombe transform از نمونه های معروف VST است که در این مقاله استفاده شده است:

$$Y_i = T(y_i) = 2\sqrt{y_i + \frac{3}{8}}$$

که در آن y_i هر پیکسل تصویر ورودی و Y_i نرمالایز شده آن پیکسل است.

نکته مهم این است پس از انجام تکنیک ها باید inverseVST گرفته شود تا تصویر به Domain اولیه بازگردد.

۲. Noise Invalidation Denoising (NID)

دومین تکنیک به کار رفته NID است. NID سعی دارد جایگزین HARD_THRESHOLDING شود. مقدار HARD_THRESHOLDING توسط آزمون ، خطا روی نمونه های زیاد به دست می آید در حالی که NID از روی همان تصویر نویزی داده شده مقدار حد آستانه را به دست می آورد. مرحله Denoising در اصل Coefficient های تصویر نویزی را دی نویز می کند:

$$\theta(x) = \bar{\theta}(x) + v(x)$$

که در آن $\theta(x)$ coefficient تصویر نویزی، $\bar{\theta}(x)$ coefficient تصویر بدون نویز و v coefficient نویز است.

اگر Z تصویر اصلی و n_z تصویر نویزی باشد داریم:

$$E(n_z) = F(n_z)$$

$$var(n_z) = \frac{1}{n} F(n_z)(1 - F(n_z))$$

که در آن F تابع CDF ، v می باشد.

در این متد مقادیر زیر به عنوان نویز تلقی می شوند :

$$E(n_z) + / - \lambda \sqrt{var(n_z)}$$

با توجه به اینکه پکیج آماده BM3D مقادیری غیر از حدآستانه های تعریف شده را نمی پذیرد من این قسمت را در پیاده سازی اعمال نکردم و حدآستانه را در حالت ALL_STAGE قرار دادم که نسبت به HARD_THRESHOLDING قوی تر است.

۳. CLAHE

سومین قابلیت افزوده شده به BM3D استفاده از equalizer CLAHE می باشد. این تکنیک به عنوان post processing سعی دارد تا contrast تصویر را بیشتر کند تا ظاهر دقیق تری به دست بیاوریم. علاوه بر ظاهر تصویر این تکنیک تاثیر به سزایی در افزایش SNR نیز دارد.

• Non Local Means filtering (NLM)

از دیگر متد هایی که معمولا در تصاویر CT و MRI استفاده می شود الگوریتم NLM است. نحوه کار این الگوریتم به این صورت است میانگین وزن دار بین تمام پیکسل های تصویر با توجه به میزان مشابهت پیکسل i و j می باشد. به عبارت دیگر پیکسل های مشابه یک پیکسل وزن بالاتری دریافت می کنند. این الگوریتم از الگوریتم هایی است که می تواند لبه های تصویر را حفظ کند.

• PSNLM

Paper title: Brain MR Image denoising for Rician noise using pre-smooth non-local means filter

۱. VST2

مشابه الگوریتم BM3D NID VST این الگوریتم نیز ابتدا یک مرحله VST دارد.

فرمول این مرحله به صورت زیر است :

$$f(z) = \sqrt{\frac{z^2}{\sigma^2} - \frac{1}{2}} + a$$

که در آن z تصویر، σ انحراف معیار و a یک ثابت است.

مانند الگوریتم قبل پس از انجام عملیات باید inverse VST گرفته شود تا اثر نرمالیزیشن خنثی شود.

علاوه بر این می توان از squared magnitude استفاده کرد که به صورت زیر است :

$$I_u = \begin{cases} \Phi \sqrt{(|z|^2) - 2\sigma^2} & \text{if } \sqrt{(|z|^2) - 2\sigma^2} \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

و

$$\sigma = \sqrt{\frac{\mu}{2}}$$

که مربوط به background تصویر است.

Inverse این تابع هم مانند خودش است

$$PSNLM1 = \begin{cases} \sqrt{PSNLM(|I_s|^2) - 2\sigma^2} & \text{if } PSNLM(|I_s|^2) - 2\sigma^2 \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

من از squared magnitude استفاده کردم.

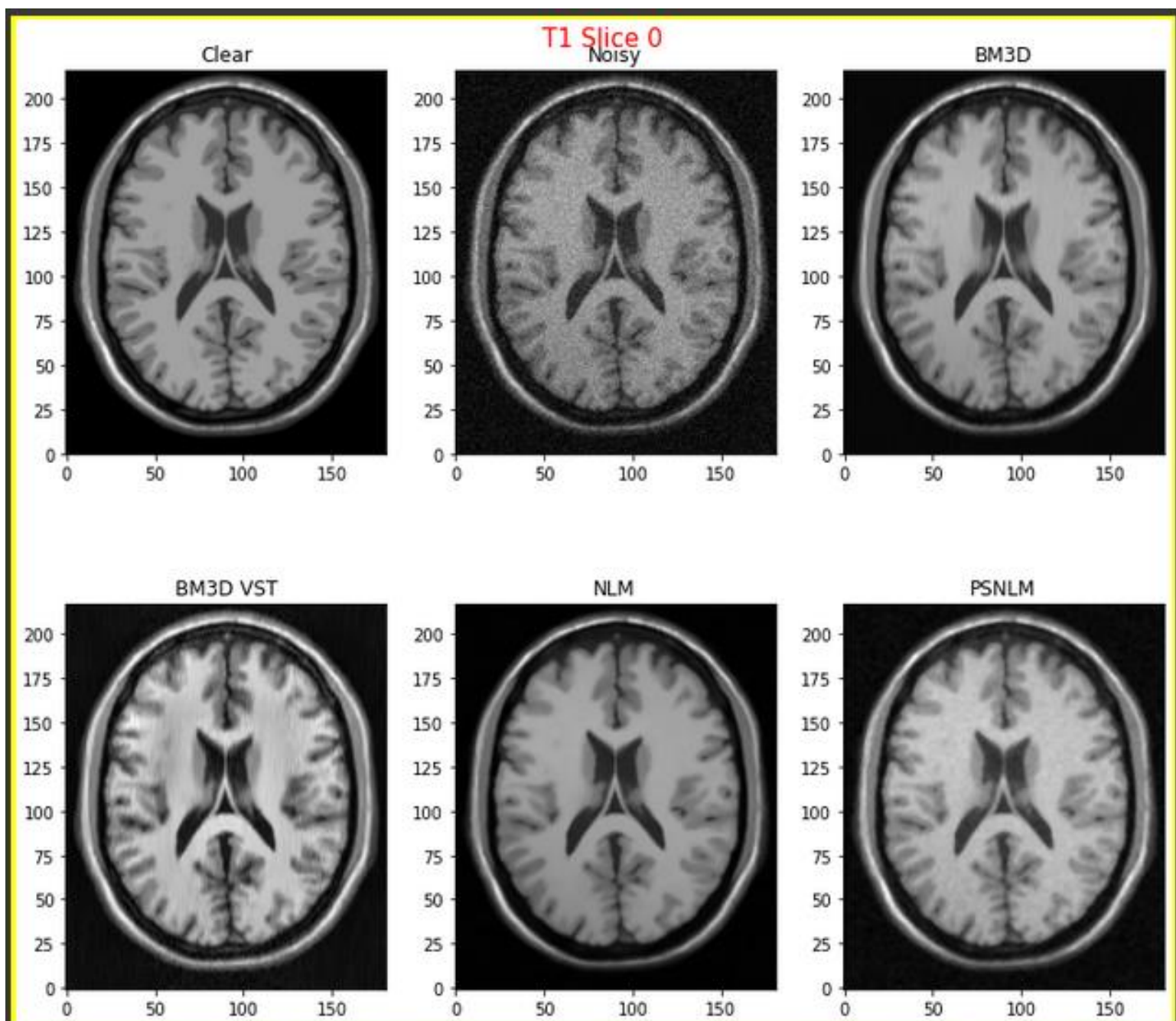
۲. Pre-smoothed

در این مرحله یک فیلتر از فیلترها (Gaussian, Median , anisotropic) انتخاب می شود که ما برای این کار Median استفاده می کنیم. دلیل این کار این است که ابتدا یک مرحله رفع نویز داشته باشیم سپس الگوریتم NLM را اجرا کنیم.

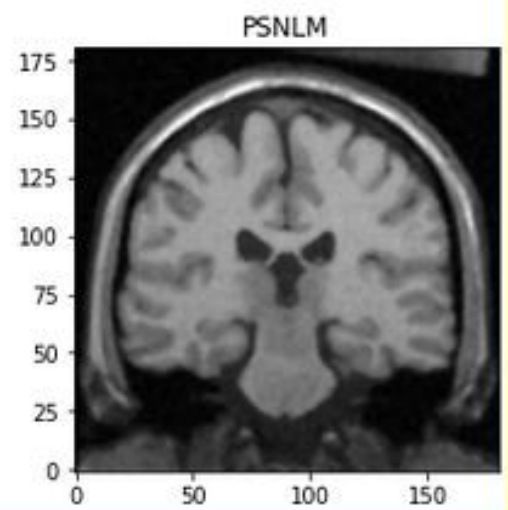
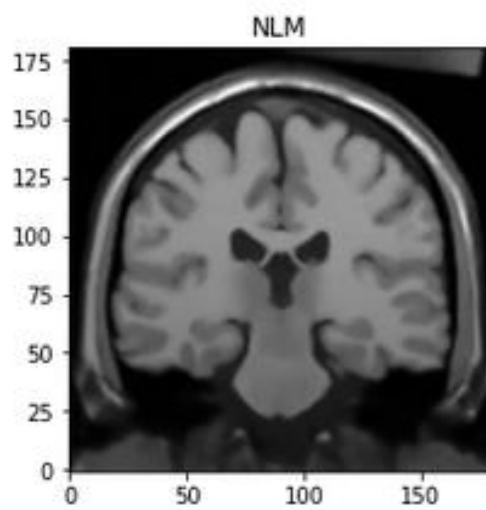
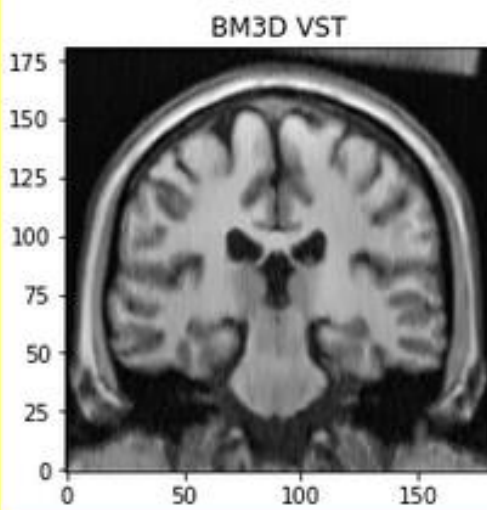
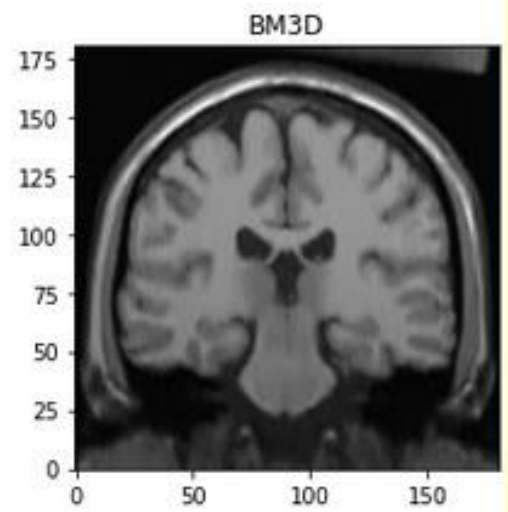
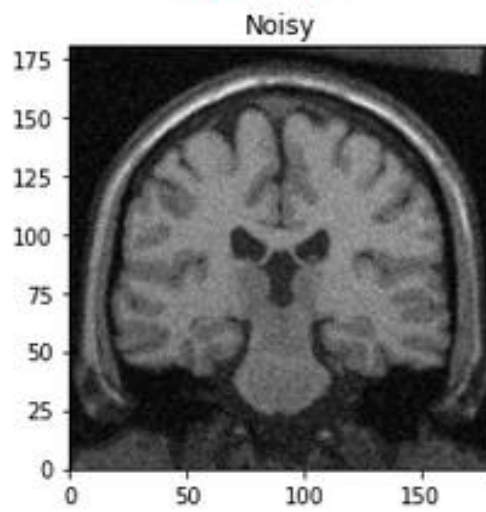
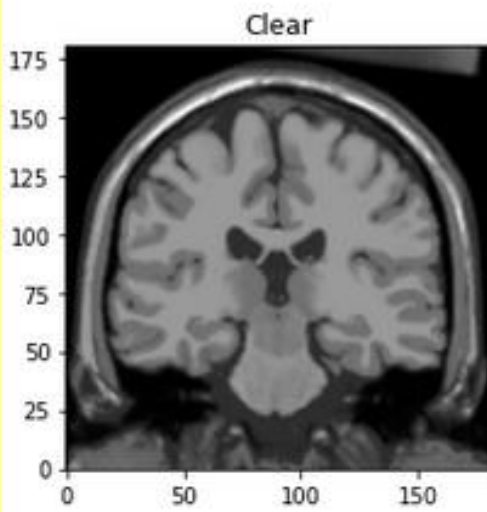
۳. اجرای NLM

حال الگوریتم NLM را اجرا کرده و در نهایت inverse VST می گیریم.

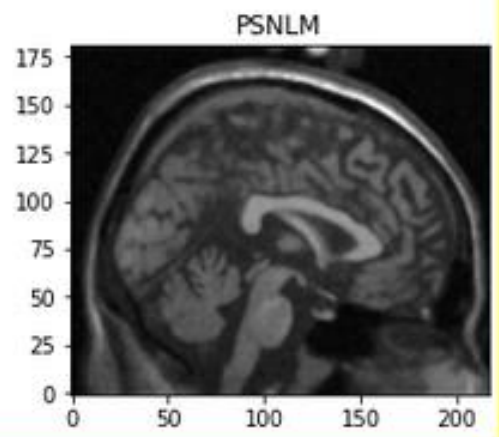
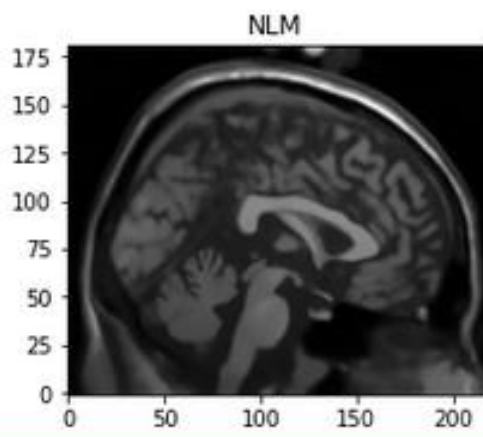
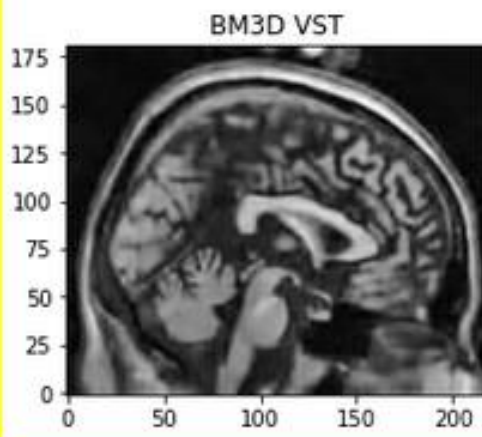
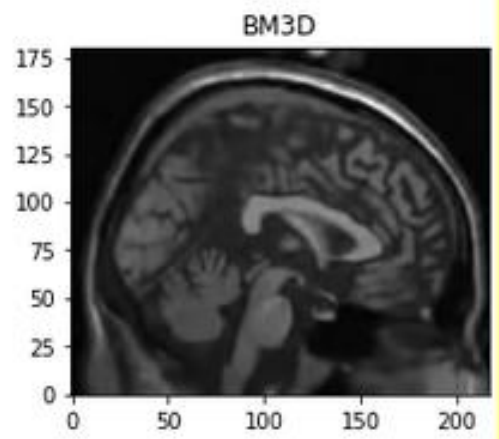
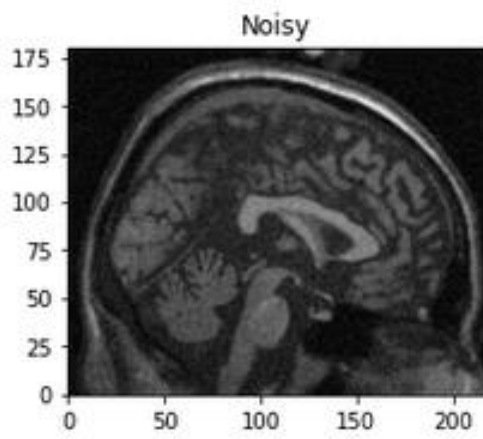
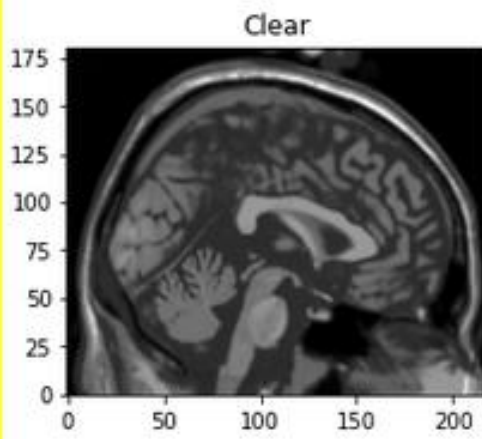
• نتائج تصاویر T1



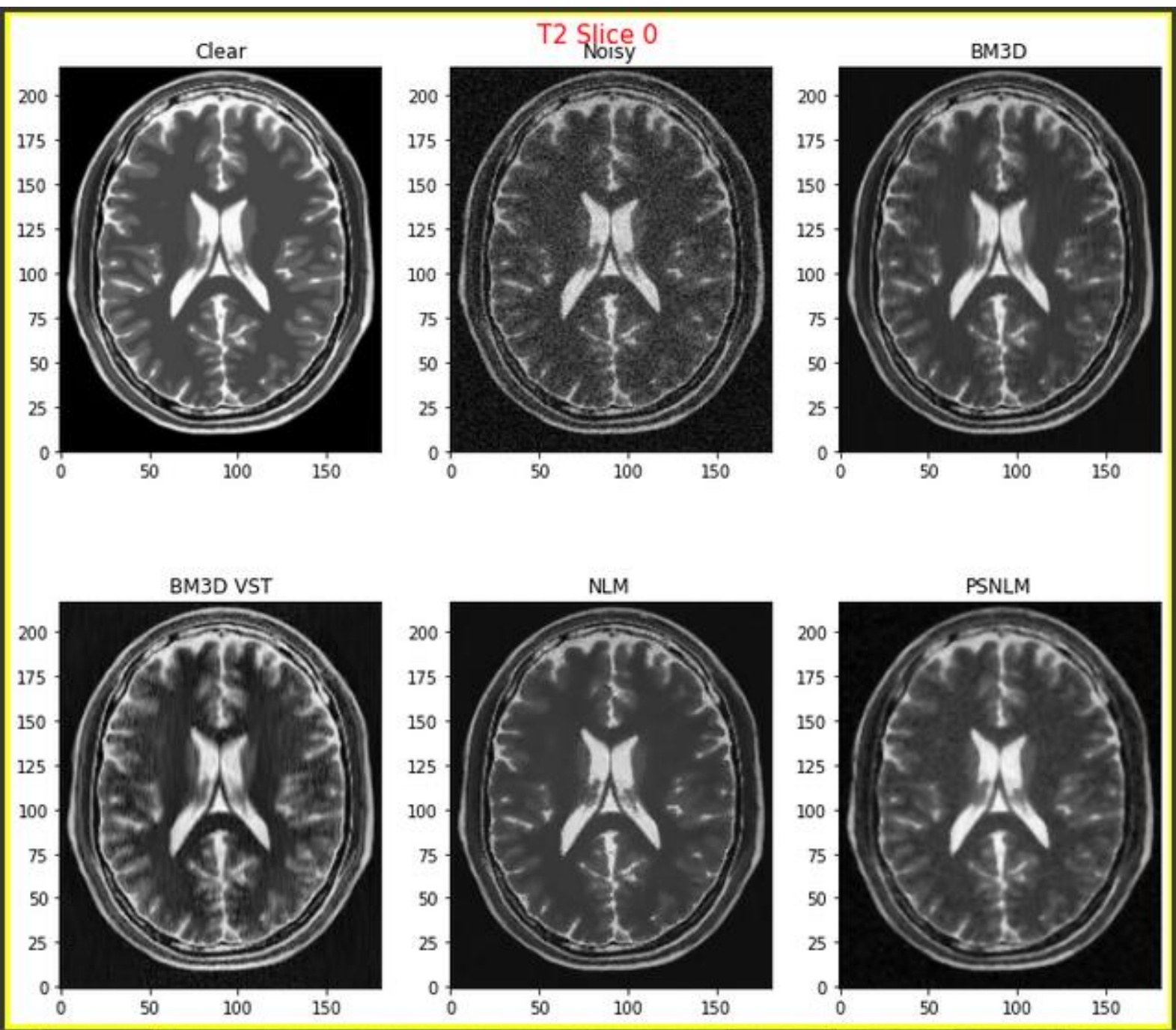
T1 Slice 1



T1 Slice 2

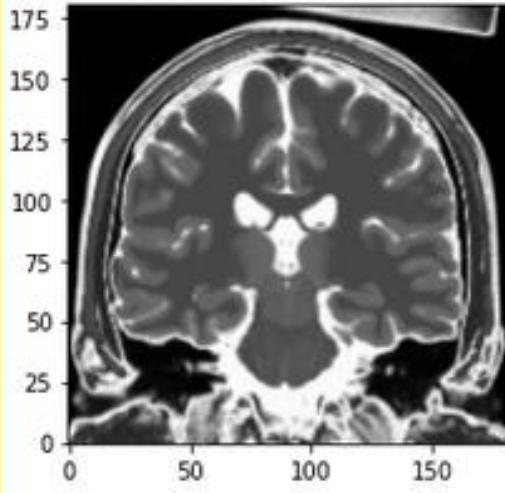


• نتایج تصاویر T2

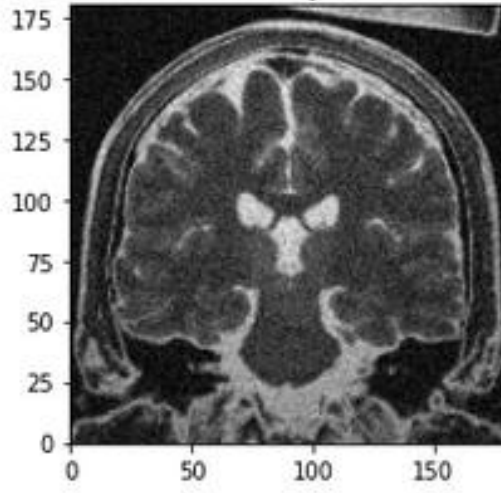


T2 Slice 1

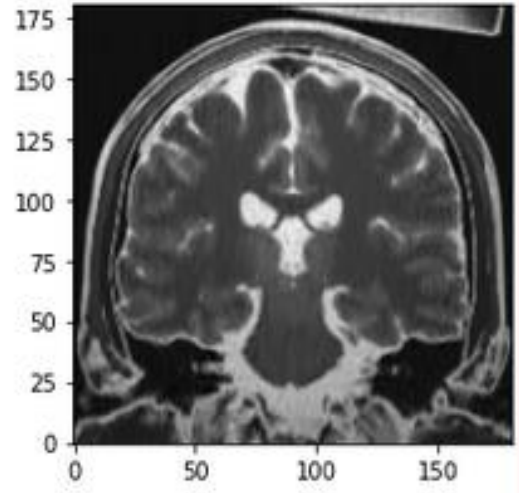
Clear



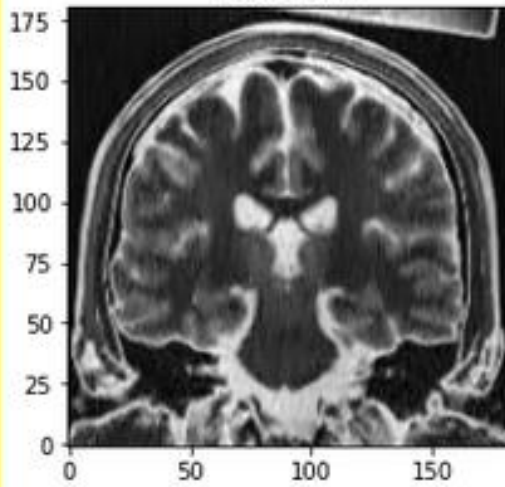
Noisy



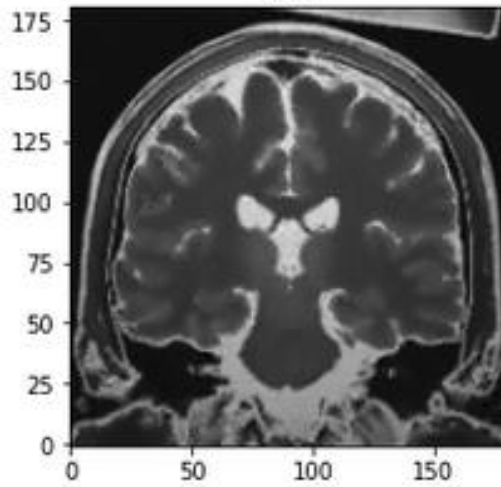
BM3D



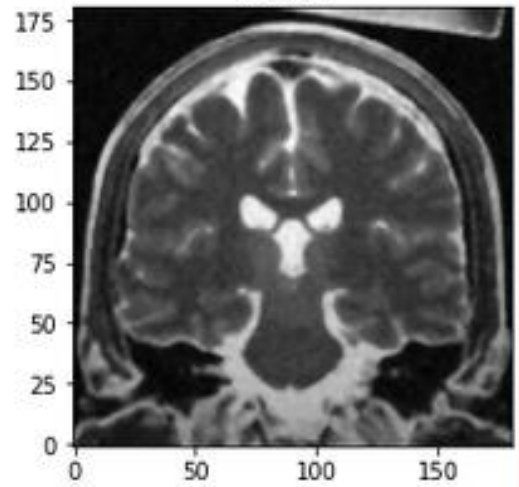
BM3D VST



NLM

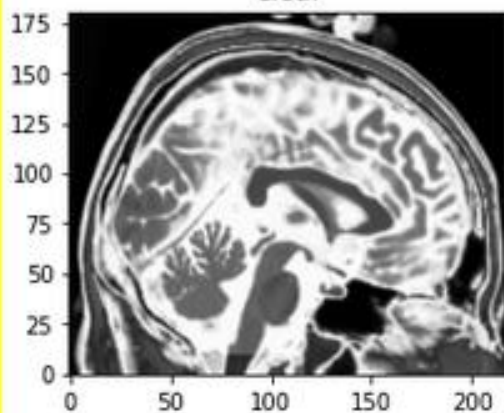


PSNLM

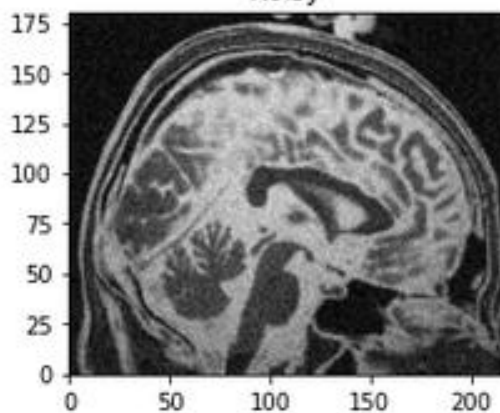


T2 Slice 2

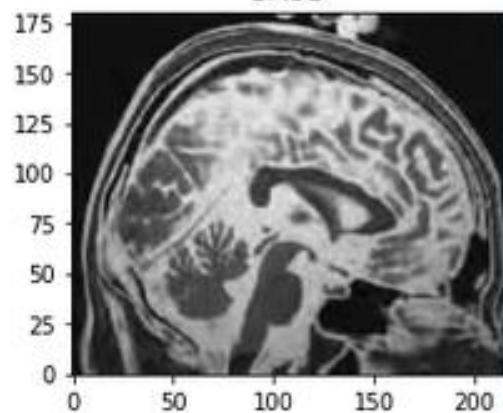
Clear



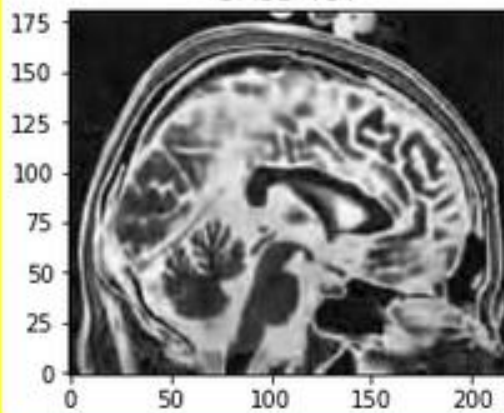
Noisy



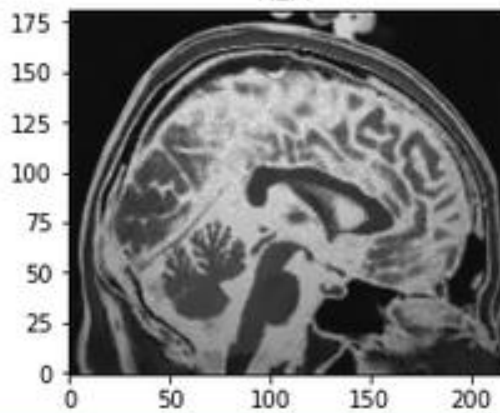
BM3D



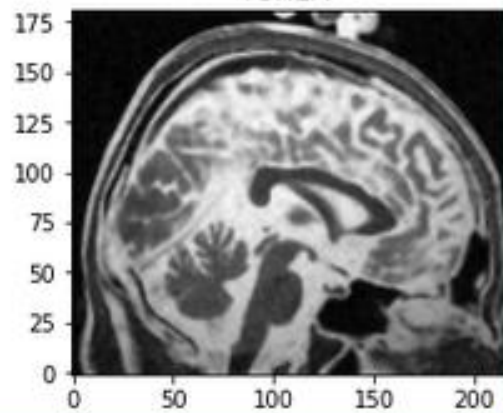
BM3D VST



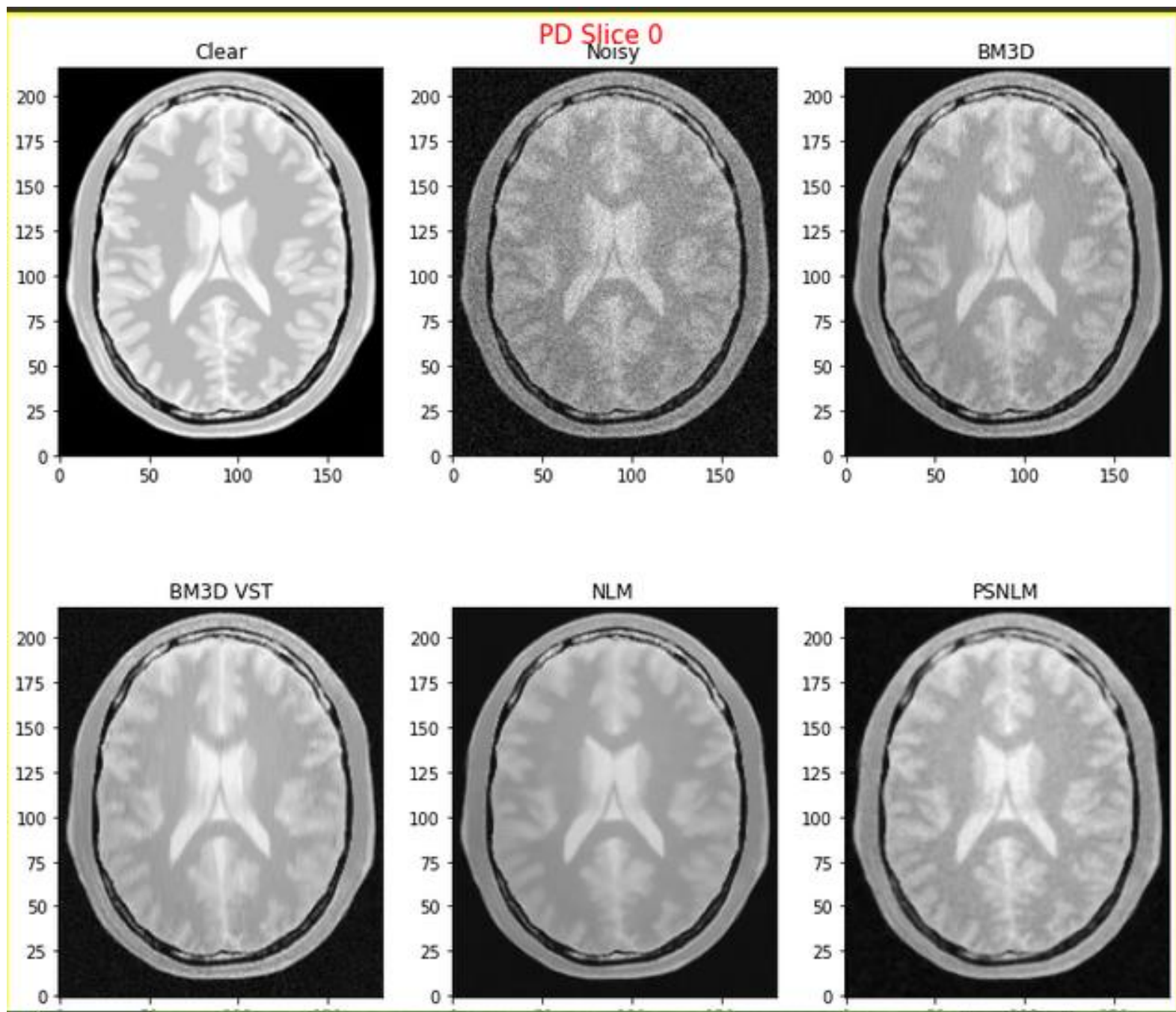
NLM



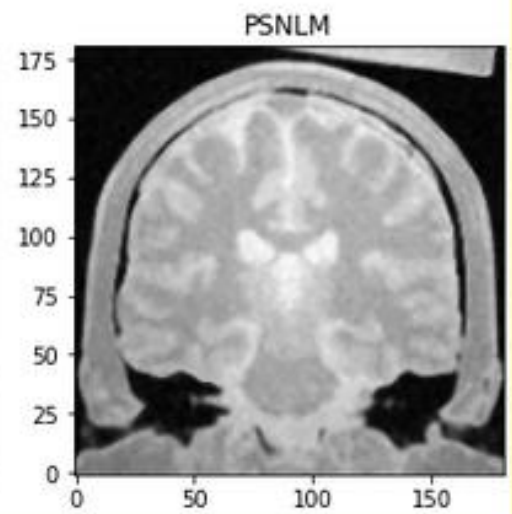
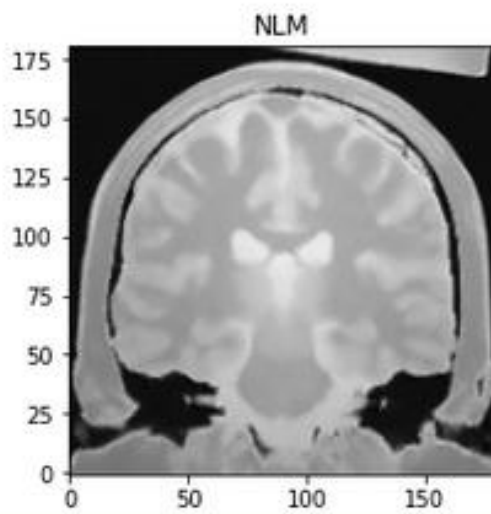
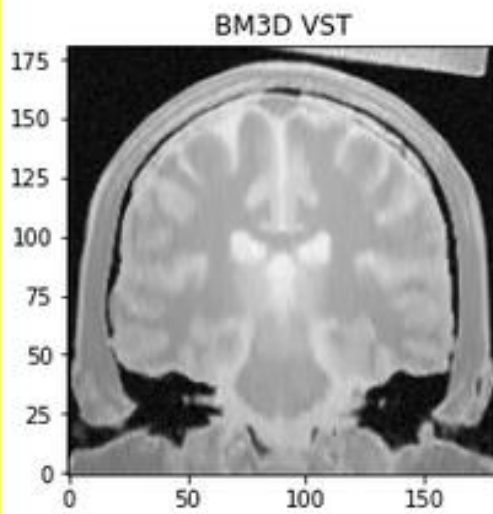
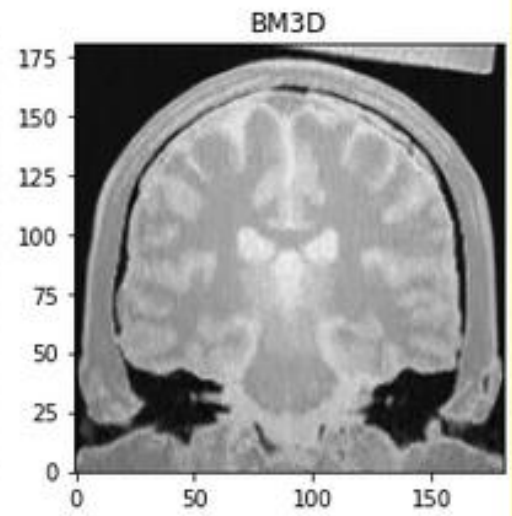
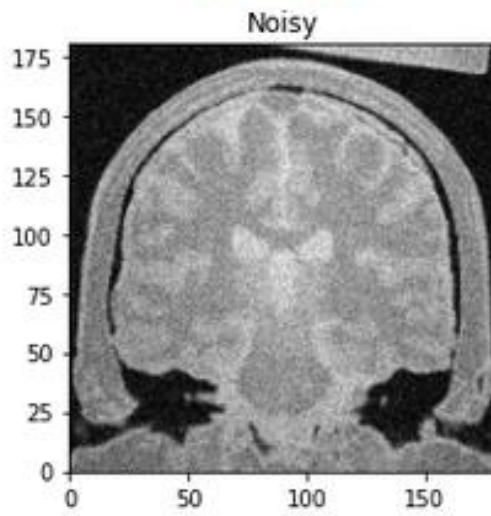
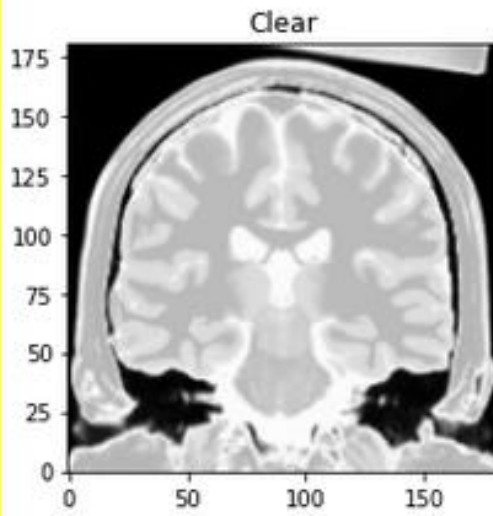
PSNLM

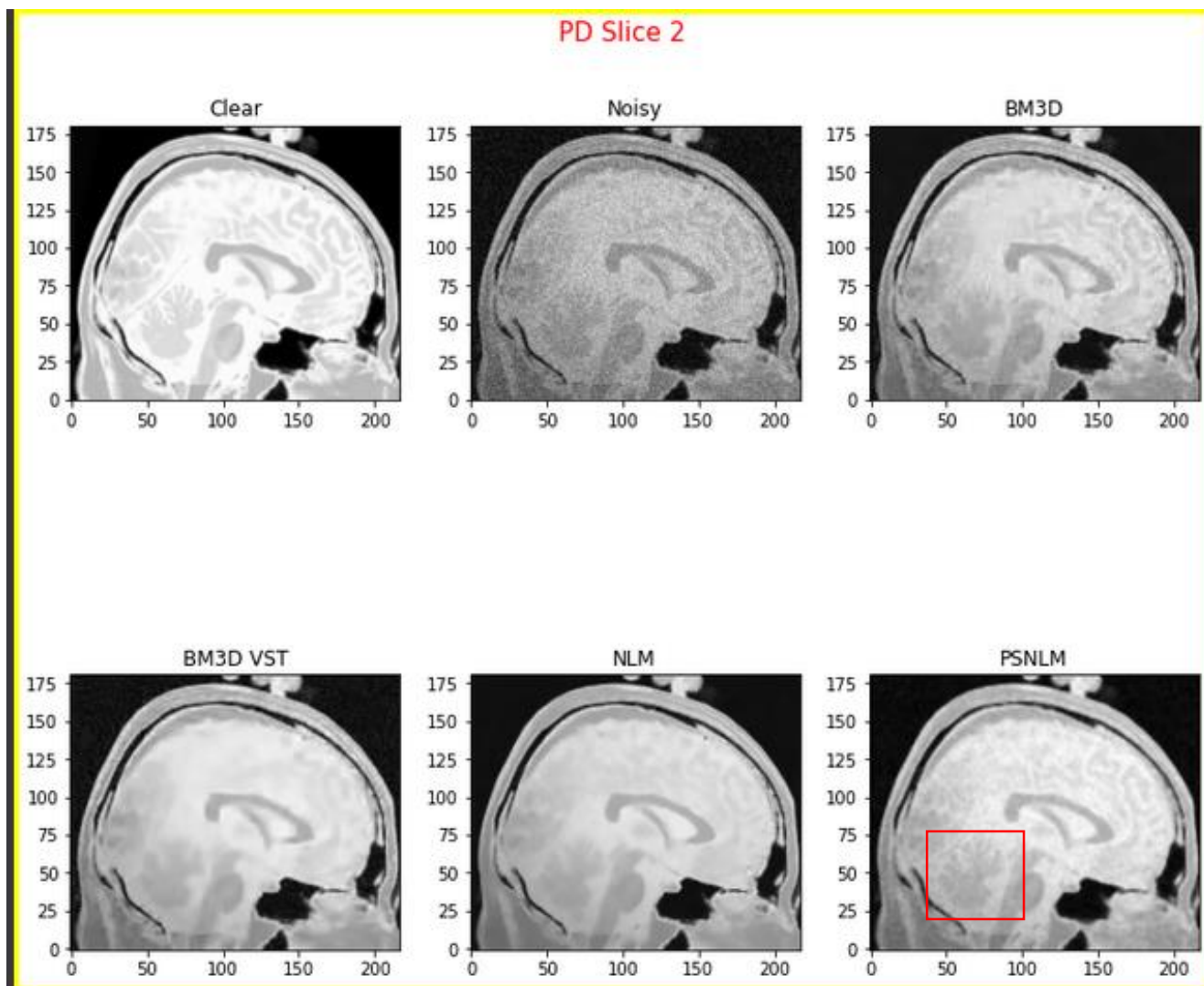


نتایج PD:



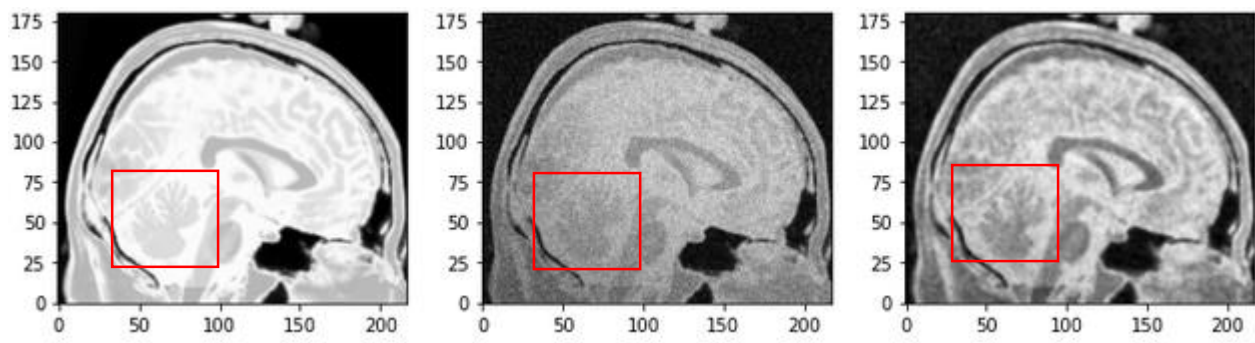
PD Slice 1





نکته اول: در مورد تصاویر PD استفاده از CLAHE نتایج خوبی تولید نمی کرد بنابراین این مورد را در مورد تصاویر PD در الگوریتم BM3D VST غیر فعال کردم.

نکته دوم: CLAHE را روی PSNLM امتحان کردم نتایج خیلی بهتر شد



• نتایج SNR

	T1	T2	PD
Noisy	3.86	2.38	3.79
BM3D	4.20	2.5101	4.01
BM3D VST	5.37	3.69	4.03
NLM	4.19	2.5101	4.00
PSNLM	4.13	2.28	3.93
PSNLM CLAHE			4.82

نکته اول : تصاویر ورودی در رنج ۰ - ۲۵۵ هستند.

نکته دوم: فرمول محاسبه SNR:

The signal to noise ratio (SNR) is equal to the ratio of the average signal intensity over the standard deviation of the noise.

• نتیجه گیری:

با توجه به اینکه عملکرد الگوریتم ها بر حسب نوع تصاویر متفاوت است ابتدا باید سعی کنیم بهترین الگوریتم را بر حسب نوع داده ای (T1 , T1, PD) بیابیم. Preprocessing هایی مانند VST (دو نوع گفته شده در بخش اول) و squared magnitude می توانند مفید باشند. باز بسته به نوع داده ای که داریم پیش پردازش مناسب را باید انتخاب کنیم.

Post processing هایی مانند CLAHE در بیشتر موارد عملکرد الگوریتم را بهبود می دهند.