Adeeco
Advanced Equipment Engineering Co.
شرکت مهندسی تجهیزات پیشرفته آدیکو

دفترچه راهنمای میکروسکوپ پروبروبشی NAMA-SPM

جهت استفاده صحیح از دستگاه و کارکرد مطلوب آن، مراحل ذکر شده را بطور دقیق دنبال کنید. ضمناً پس از مطالعه، دفترچه را در نزد خود نگه دارید؛ تا امکان ارجاع بدان وجود داشته باشد.

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

فهرست مطالب ۳

مقدمه ۹

قسمت های مختلف دستگاه ۱۱

نصب سیستم ۱۲

محل نصب ۱۲

اتصالات ۱۳

اتصالات بخش مکانیک ۱۳

اتصالات بخش الکترونیک ۱۵

اتصالات رایانه ۱۶

نصب نرم افزار ۱۶

راه اندازی ۱۹

تغییرات مکانیکی ۲۱

آماده سازی نمونه ۲۱

تعویض نمونه ۲۲

تعویض سوزن ۲۳

نرم افزار اسکن ۲۵

صفحه User Name ۲۶
فرم اصلی ۲۶
نوار ابزار نرم افزار اسکن ۲۷
گزینه Mode تنظیم حالت تصویر برداری ۳۱
صفحات ابزار کنترلی ۳۲
تنظیم مدار فیدبک(PID) ۳۲
تنظیم نمونه (Sample Adjust) ۳٤
تنظیم موقعیت نمونه ۳۸
تنظیم ارتفاع سوزن (Approach) ۳۹
منابع تولید سیگنال ٤۰
صفحات نمایش ٤۲
پنجره نمایشOverview ٤۲
پنجره نمایش اسکن ٤٤
پنجره نمایش اسپکترسکوپی ٤۷
پنجره نمایش گیرنده نوری ٤۸
نمایشگر سیگنال های خروجی (Scope) ٤۸
پنجره های تنظیم پارامتر اها ۵۰
تنظیمات دستی ۵۰
تصویر برداری ۵۲
Scan Options ۵۲
مراحل تصویر برداری ۵۷

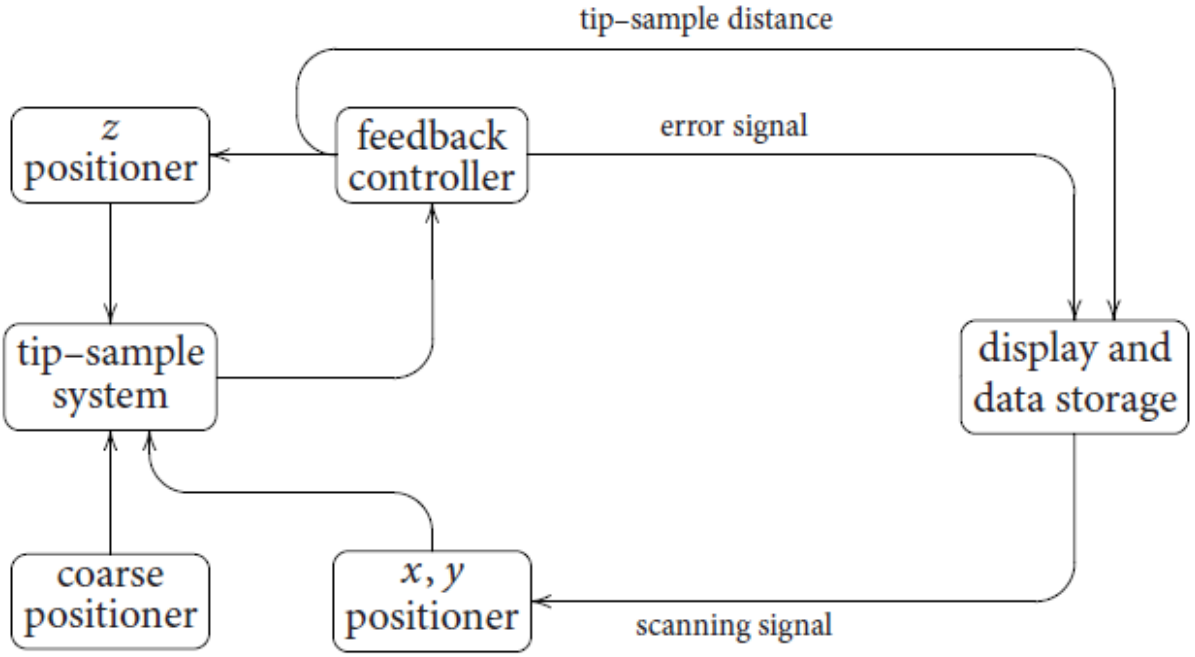
اسپکتروسکوپی ٦١
٥-٤-٢- تنظیمات اسپکتروسکوپی ٦٢
مراحل انجام اسپکتروسکوپی ٦٥
لیتوگرافی ٦٦
٥-٤-٤- تنظیمات لیتوگرافی ٦٧
٥-٤-٤-١- تنظیمات لیتوگرافی تصویری ٦٧
٥-٤-٤-١- تنظیمات لیتوگرافی پرداری ٧٢
نرم افزار NAMA Image ٧٥
مراحل لیتوگرافی ٧٧
مراحل انجام لیتوگرافی تصویری ٧٧
مراحل انجام لیتوگرافی برداری ٧٨
مراحل انجام لیتوگرافی دستی ٧٨
نرم افزار آنالیز ٨٠
نوار ابزارهای کنترلی ٨٨
نوار ابزار آیتمی ٨٩
نواار ابزار ابزاری ٨٩
نوار ابزار رنگ آمیزی ٩٠
نوار ابزار اسپکتروسکوپی ٩٠
نوار ابزار خط ٩١
نوار ابزار دوبعدی ٩١
نوار ابزار سه بعدی ٩٢

نوار ابزار یک بعدی خط ۹۲
نوار ابزار Note ۹۲
نمایش دو بعدی ۹۵
نمایش سه بعدی ۹۷
نمایش یک بعدی (Line Profile) ۱۰۰
نمایش اسپکتر.سکوپی ۱۰۲
تخمین منحنی (Curve Fitting) ۱۰۳
نمایش Note ۱۰۵
نمایش تبدیل فوریه (FFT) ۱۰۶
نمایش توزیع داده ها (Histogram) ۱۰۸
زبری سطح (Roughness) ۱۰۹
استخراج داده ها Export ۱۱۲
ابزار رنگ آمیزی ۱۱۳
تخمین سوزن Tip Characterization ۱۱۵
Data Layers Selection ۱۱۶
فیلترها ۱۱۸
فیلتر Plane Correction ۱۲۰
فیلترهای غیر خطی (Nonlinear Filters) ۱۲۳
Spatial Domain Filters ۱۲۴
فیلترهای هموار کننده (Smoothing) ۱۲۵
فیلتر میانگین Average ۱۲۶

فیلتر میانگین وزن دار (Weighted Average) ۱۲۷
فیلتر پایین گذر گوسی Gaussian Low Pass ۱۲۷
فیلتر کسینوسی Cos Smooth LP (Low Pass) ۱۲۸
فیلتر ISO 562 ..... ۱۲۹
ISO 565 ..... ۱۳۰
فیلترهای لبه یاب ۱۳۲
فیلتر بالا گذر Gaussian High Pass ۱۳۲
فیلتر Uni Crisp High Pass ۱۳۳
فیلتر لاپلاسین Laplacian ۱۳٤
Sobel or Prewit ۱۳۵
Robert ۱۳٦
First Derivative or Second Derivative ۱۳۷
فیلتر Laplacian of Gaussian (LOG) ۱۳۸
فیلتر High Boost ۱۳۹
فیلتر Custom ۱٤۰
فیلترهای شکل شناسی (Morphological Filters) ۱٤۰
فیلترهای محاسباتی ۱٤۲
فیلتر فوریه Fourier ۱٤۳

مقدمه

میکروسکوپ پروب روبشیSPM[1] پیمایشگری است که برای مطالعه ویژگی های سطحی مواد از ابعاد میکرون تا کمتر از ابعاد اتمی استفاده می شود. در بعضی از موارد SPM ها می توانند ویژگی های فیزیکی سطح را مانند هدایت الکتریکی سطحی، توزیع بار الکتریکی ساکن، کشش سطحی نقطه ای، میدان مغناطیسی و ماژول الاستیکی، اندازه گیری کنند.



دو بخش اساسی در SPM، سوزن (تیرک یا پروب) و کنترلر می باشند. وقتی که دو ماده خیلی به یک دیگر نزدیک شوند تراکنش های متنوعی در سطح اتمی وجود دارند که این تراکنش ها اساس SPM ها هستند کنترلر موقعیت دقیق سوزن را متناسب با سطح به صورت افقی و عمودی تنظیم می کند. به منظور تصویر برداری coarse positioned سوزن را به اندازه کافی به سطح نزدیک می کند تا تراکنش بین سطح و سوزن احساس گردد سپس سوزن سیگنالی که دامنه تراکنش سطح وسوزن را نشان می دهد، تولید می کند. سیگنال سوزن به صورت تصویر نمایش داده شده و ذخیره می گردد.

[1] Scanning Prob Microscope

تکنیکهای تصویر برداری نیروی اتمی و تونل زنی روبشی که در سیستمNAMA-SPM در دسترس می باشند عبارتند از:

- **Scanning Tunneling Microscopy (STM)**

با استفاده از یک سوزن هادی حریان تونلی بین سطح و سوزن را، که به فاصله سوزن و سطح رسانا وابسته است، به صورت تصویر نشان می دهد.

- **TappingMode™ AFM**

با استفاده از یک سوزن نوسانی سطح را جاروب می کند و تغییرات دامنه نوسان یا فرکانس نوسان و یا توپوگرافی تصویر میگردد.

- **Contact AFM**

با استفاده از سوزن چسبیده به سطح، سطح را جاروب می کند و توپوگرافی تصویر میگردد.

- **Non-contact AFM**

با استفاده از سوزن آویزان شده در بالای سطح، نیروی های واندروالسی سطح یا توپوگرافی تصویر میگردند.

- **Phase Imaging**

با استفاده از سوزن نوسانی روی سطح، تصویری از خواص ویسکوالاستیکی و چسبندگی سطح را نمایش می دهد.

- **Magnetic Force Microscope (MFM)**

با استفاده از سوزن مغناطیسی بر روی سطح، تصویری از خواص مغناطیسی سطح را نمایش می دهد.

- **Electric Force Microscope (EFM)**

با استفاده از سوزن هادی بر روی سطح، تصویری از خواص الکتریکی سطح را نمایش می دهد.

- **Lateral Force Microscopy (LFM)**

با استفاده از سوزن چسبیده به سطح، سطح را جاروب می کند و نیروهای اصطکاکی را نمایش می دهد.

- **Lithography**

انجام فرایند لیتوگرافی در هر دو مد AFM و STM به منظور ایجاد نانوساختار ها

- **Spectroscopy**

انجام فرایند اسپکتروسکوپی در هر دو مد AFM و STM به منظور بررسی خواص سطح نمونه (I-V، I-Z، F-Z)

قسمت های مختلف دستگاه

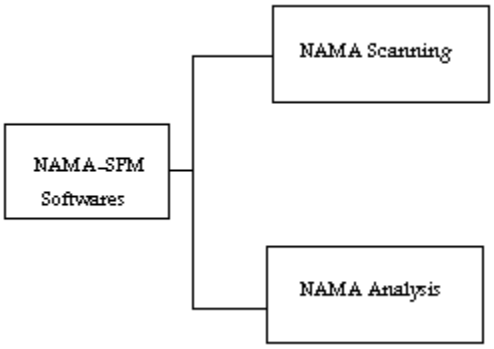
میکروسکوپ NAMA - SPM شامل سه بخش الکترونیک، مکانیک (شکل ۲-۲) و واسط کاربر (رایانه) می باشد.

شکل ۱-۱ بخش های تشکیل دهنده دستگاه

۱. بخش مکانیک: در واقع مهمترین بخش دستگاه بخش مکانیک می باشد، نمونه باید در این قسمت قرار گرفته و سوزن جاروب کننده نیز در همین قسمت روی پیزوهد سوار می شود. اجزای مکانیکی این بخش عبارتند از: مکانیزم جابجایی نمونه، مکانیزم نزدیک شدن سوزن به نمونه و مجموعه پیزوهد.

۲. بخش الکترونیک: این بخش وظیفه کنترل سیستم و انتقال دستورالعمل ها از کامپیوتر به بخش مکانیک و همچنین ثابت نگه داشتن فاصله سوزن تا نمونه را دارا می باشد و از اجزای مختلفی نظیر اینترفیس، درایور نانوموتور، آمپلی فایر ها و کنترلر PID تشکیل شده است.

۳. بخش رایانه و نرم افزار: این بخش یک رایانه با دو سخت افزار جانبی و دو نرم افزار ویژه سیستم می باشد. نرم افزار شامل دو بخش اسکنر و آنالایزر است.



تصویر در نرم افزار اسکنر طی پارامترهای معین بدست می آید و در قسمت آنالیز می توان پردازش های مورد نیاز نظیر نمایش دو و سه بعدی، اعمال فیلتر ها، رنگ آمیزی و اندازه گیری را روی تصاویر انجام داد.

در این بخش قسمت های مختلف سیستم مطرح گردید. نحوه نصب در بخش دوم و راه اندازی سیستم در بخش سوم بیان می گردد، بخش چهارم شامل تغیرات مکانیکی سیستم از قبیل تعویض نمونه و سوزن می باشد. نرم افزار کنترلی سیستم برای تصویر برداری و اسپکتروسکوپی در بخش پنجم و امکانات سیستم برای تحلیل تصاویر در قالب نرم افزار آنالیز در بخش پایانی بیان می گردند.

نصب سیستم

در این بخش نکاتی برای نصب سیستم مطرح می گردد.

محل نصب

برای راه‌اندازی دستگاه ابتدا باید مکان مناسبی انتخاب شود. شرایط مناسب محیط نصب عبارتند از:

۱. اتاق نصب در طبقات پایین ساختمان و حدالامکان زیر زمین باشد.
۲. اتاق نصب عاری از هرگونه آلودگی های محیطی مانند: گرد و غبار، لرزش و صدا باشد.

۳. اتاق نصب از رطوبت کمی برخوردار باشد و در مناطقی از کشور که رطوبت زیاد است، از سیستم های کاهنده رطوبت استفاده گردد.

٤. اتصال برق سیستم، دارای ارت (اتصال زمین) مناسب باشد و ریپل های برق حدالمقدور کاهش یابد. استفاده از استابلایزر پیشنهاد می گردد.

۵. اتصال برق بخش الکترونیک و رایانه با دستگاه های دیگر مشترک نباشد.

٦. مکانیک دستگاه باید بر روی میز Anti vibration، به منظور کاهش نویزهای مکانیکی، قرار گیرد.

۷. بدلیل حساسیت بالای بخش مکانیک، در صورت امکان از یک میز کاملاً جدا برای نصب آن استفاده گردد (قرار دادن آن بر روی میز، در کنار سایر تجهیزات، بدلیل وجود خنک کننده و نویز کارکرد دستگاه را بر هم میزند).

۸. از قرار دادن دستگاه در معرض مستقیم آفتاب و حرارت جلوگیری گردد.

۹. به منظور کاهش نویز های الکترومغناطیسی اتاق RF shielding یک گزینه مناسب می باشد.

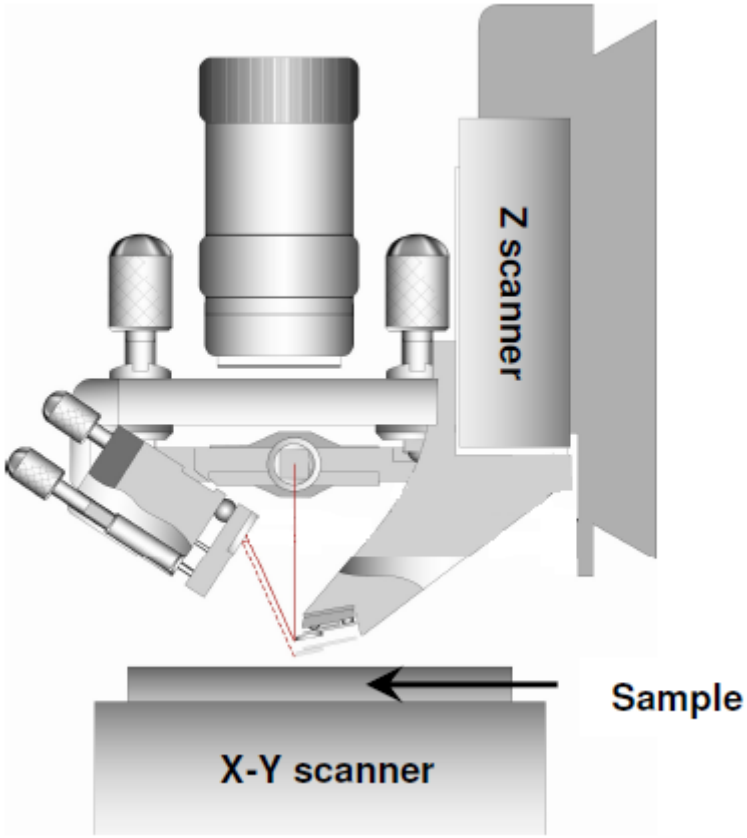
اتصالات

در این بخش اتصالات قسمتهای سیستم به یکدیگر شرح داده می شود، این فرایند در ابتدا توسط مسئول خدمات شرکت انجام می گردد، ولی در هنگام جابجایی سیستم از یک محل به محل دیگر، توجه به نکات این بخش مهم است.

اتصالات بخش مکانیک

بخش مکانیک حساسترین بخش سیستم است بنابراین هنگام جابجایی باید کاملا مراقب باشید. در پشت جعبه مکانیک پنج کانکتور ده پین، هفت پین و پنج پین قرار دارند که عملکرد هر کدام در جدول ۲-۱ شرح داده شده است.

شکل۰-۱ محل اتصال فیش های۱۰،۵،۷ پین در پشت جعبه مکانیک



جدول ۲-۱ اتصالات مکانیک

رابط	عملکرد
کابل ۱۰ پین	اندازه گیری جریان و ارتفاع
کابل ۵ پین	سیگنالهای اسکن
کابل ۷ پین	سیگنال های کنترل نانوموتور

لازم به ذکر است که کابل ۸ پین حساس ترین کابل به نویز است زیرا مربوط به بخش اندازه گیری می باشد.

✎ **توجه**: پس از اتصال کابل های رابط به فیش های مربوطه، از بسته شدن کامل پیچ های آنها اطمینان حاصل کنید.

✎ **توجه**: در هنگام قرار دادن دستگاه بر روی میز Anti vibration، سیمهای دستگاه به گونه ای از پشت جعبه مکانیک عبور داده شود که موجب اختلال در عملکرد میز Anti vibration نگردند.

اتصالات بخش الکترونیک

این بخش شامل اکثر مدارات الکترونیکی می باشد و فرایند انتقال اطلاعات را نیز انجام می دهد. کلیه اتصالات این بخش در پشت جعبه الکترونیک است.

شکل۲-۲ اتصالات الکترونیک

چهار کانکتور ۱۰، ۸ ، ۵ و ٤ پین اتصال بین بخشهای الکترونیک و مکانیک را برقرار می کنند. کانکتور سمت چپ (شکل ۲-٤) اتصال تغذیه سیستم می باشد که به برق شهری متصل می گردد (۲۲۰ V ، ۵۰ Hz).

بخش الکترونیک به کامپیوتر و برق شهر متصل می گردد. ریبون۵۰ پین (خاکستری رنگ) اتصال بین بخشهای الکترونیک و رایانه برقرار می کند که سوکت مخصوص در پشت رایانه متصل می‌گردد.

توجه: ابتدا تمام اتصالات را انجام دهید و سپس اتصال برق را روشن کنید. در غیر اینصورت عملکرد سیستم دچار اشکال می‌گردد.

اتصالات رایانه

این بخش یک رایانه است که علاوه بر اتصالات مربوط به سخت افزاری رایانه، دو اتصال برای سخت افزارهای جانبی می باشد که یکی برای اتصال ریبون ۵۰ پین پنل الکترونیک و دیگری برای اتصال فیش دوربین جعبه مکانیـک می باشد.

نصب نرم افزار

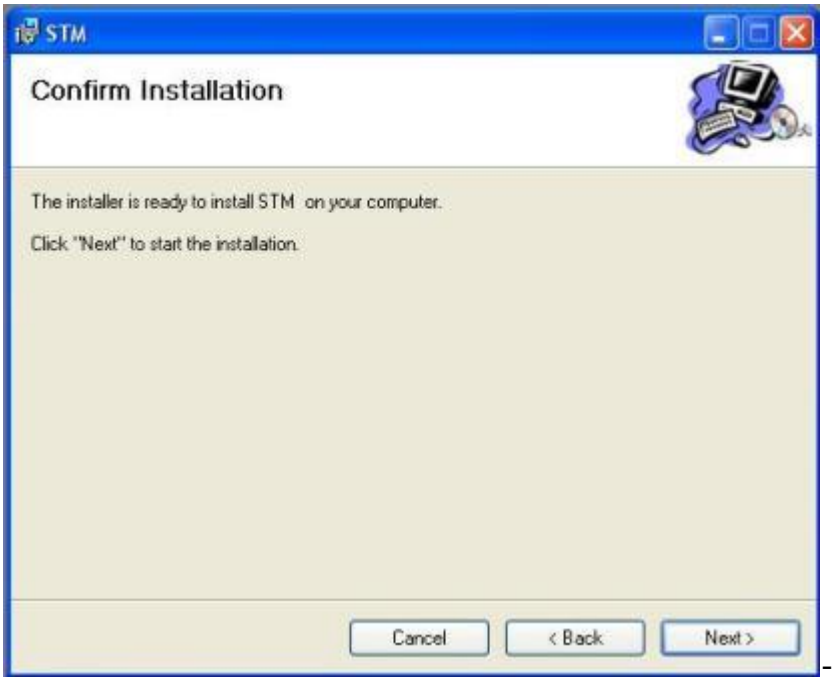
برای نصب نرم افزار از نصب شدن کارت ثبت داده و دوربین اطمینان حاصل نمایید. (اطمینان حاصل کنید که از این نرم افزار نسخه ی قبلی روی سیستم موجود نباشد. برای نصب نرم افزار CD نرم افزار را در CD-ROM قرار دهید و گزینه را دوبار کلیک کنید، فرایند نصب آغاز خواهد شد.

شکل۲-۳ شروع نصب نرم افزار

گزینه Next را انتخاب نمایید.

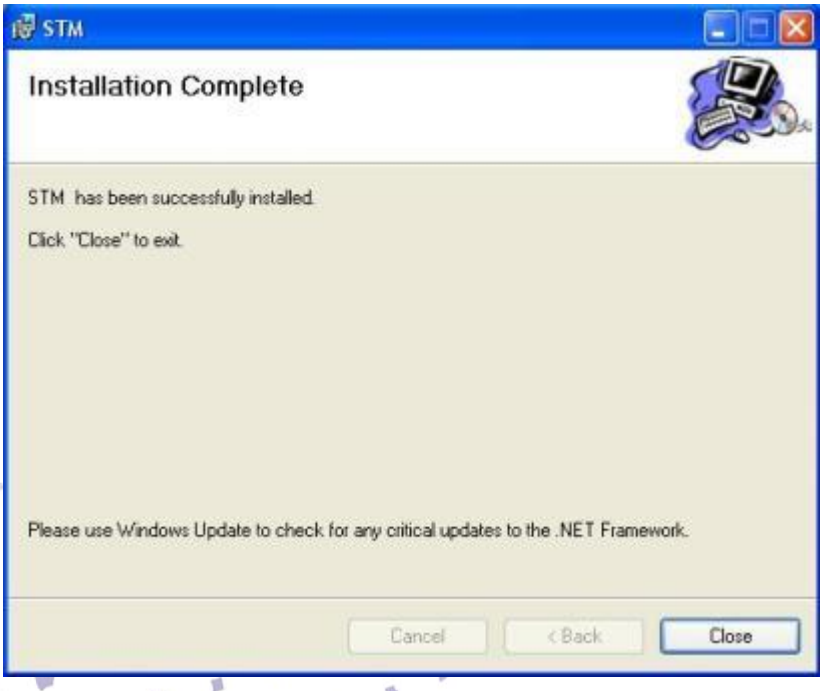
شکل ۲-٤ تعیین محل نصب نرم افزار

مکان نصب نرم افزار را انتخاب نمایید. سپس گزینه Next را انتخاب نمایید. ترجیحاً نرم افزار را در درایوی غیر از درایوی که ویندوز در آن نصب شده ، نصب نمایید.



شکل۲-۵ مراحل نصب نرم افزار

۱. گزینه Next را انتخاب نمایید.



شکل۲-٦ انتهای نصب نرم افزار

برای اتمام روند نصب نرم افزار گزینه Close را انتخاب نمایید.

راه اندازی

برای راه اندازی سیستم مراحل زیر به ترتیب طی نمایید:

۱- مطمئن شوید که تمامی اتصالات (AC power) و سیم‌های رابط متصل است. درصورت عدم اتصال رابط‌ها ابتدا برق را قطع نموده و پس از اتصال رابط ها رابط مجدداً رابط برق را روشن کنید.

۲- رایانه را روشن نمایید.

۳- بخش الکترونیک را با فشردن کلید on/off در پشت جعبه روشن نمایید. با قرار گرفتن در وضعیت on باید LED های موجود رو به رو و پشت پنل الکترونیک روشن شود.

٤- برنامه نرم افزار اسکن را بر روی Desktop رایانه اجرا نمائید.(برای بررسی نرم افزار به بخشهای ٥ و ٦ مراجعه بفرمایید.)

٥- سوزن را نزدیک سطح قرار دهید.

شکل ۰-۱ نمای روبروی پنل الکترونیک

برای متوقف نمودن سیستم مراحل زیر به ترتیب طی نمایید:

۱- سوزن را از داخل Gap خارج کنید و در فاصله مناسبی از نمونه قرار دهید تا از آسیب احتمالی به نمونه جلوگیری شود.

۲- بخش الکترونیک را خاموش کنید.

۳- رایانه را خاموش نمایید.

تغییرات مکانیکی

در این بخش تغییرات مکانیکی که در کار با سیستم مورد نیاز است بیان می گردد. با توجه به حساسیت بخش مکانیک در ابتدا متذکر می گردد که برای اعمال تغییرات مکانیکی باید دوره آموزشی کار با سیستم را گذارانده باشید و یا در کنار مسئول سیستم، با تجربه کافی این تغییرات را اعمال نمایید.

آماده سازی نمونه

نمونه های STMحتماباید رسانا ویا نیمه رساناباشند ولی نمونه‌های AFM می توانند رسانا یا نارسانا باشند. برای کار با این سیستم لازم است که نمونه بر روی صفحه مخصوص چسبانده شود. برای آماده سازی نمونه STM مراحل زیر را طی نمایید:

۱- قبل از اتصال نمونه برروی plat کاملا سطح صفحات را از هرگونه آلودگی پاک کنید.

۲- سطح زیر نمونه کاملاً با چسب نقره بپوشانید. قبل از استفاده از چسب نقره شیشه محتوی آن را در حدود ۱ تا ۲ دقیقه بخوبی تکان دهید.

۳- نمونه را بر روی چسب قرار دهید و برای اطمینان بهتر است اطراف نمونه نیز کمی چسب بمالید.

٤- هر یک از صفحات برای نمونه های خاص در نظر گرفته شده اند. انتخاب صفحه مناسب بر عهده کاربر است.

۵- معمولاً حداقل ۲۰ ساعت برای خشک شدن کامل چسب لازم است. (برای جلوگیری از ایجاد نویزهای ناشی از ارتعاشات سطح)

برای آماده سازی نمونه SFM مراحل زیر را طی نمایید:

۱- قبل از اتصال نمونه برروی plat کاملا سطح صفحات را از هرگونه آلودگی پاک کنید.

۲- سطح زیر نمونه کاملاً با چسب بپوشانید. قبل از استفاده از چسب شیشه محتوی آن را در حدود ۱ تا ۲ دقیقه بخوبی تکان دهید.

۳- نمونه را بر روی چسب قرار دهید و برای اطمینان بهتر است اطراف نمونه نیز کمی چسب بمالید.

٤- هر یک از صفحات برای نمونه های خاص در نظر گرفته شده اند. انتخاب صفحه مناسب بر عهده کاربر است.

۵- معمولاً حداقل ۲۰ ساعت برای خشک شدن کامل چسب لازم است. (برای جلوگیری از ایجاد نویزهای ناشی از ارتعاشات سطح)

تعویض نمونه

برای تعویض نمونه مراحل زیر را طی نمایید:

۱- با کلیک بر روی کلید دوربین، محل سوزن را پیدا کنید.

۲- با استفاده از نانوموتور، سوزن را کاملاً از سطح نمونه دور نمایید.

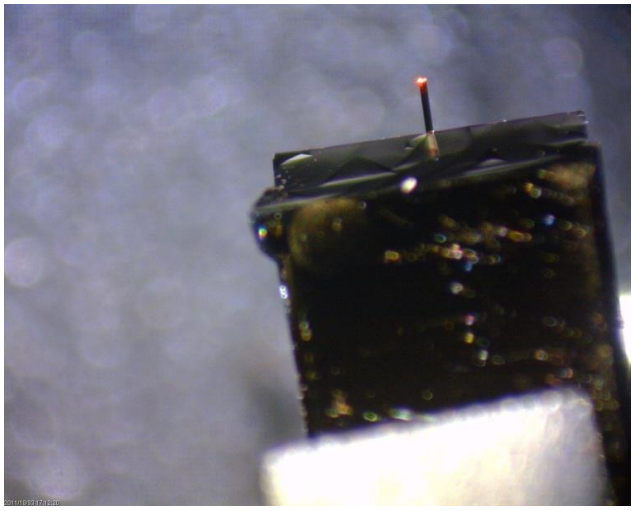
۳- plat را خارج نمایید.

٤- سطح جدید را روی نگه دارنده قرار دهید

۵- سطح را در محل قرار دهید.

در هنگام خارج کردن سوزن دقت شود تا plat با سوزن تماس نداشته باشد.

پس از آماده کردن نمونه، plat را در محل مناسب قرار دهید (هرگونه نوسان و تحریک مکانیکی کارکرد دستگاه را بر هم می زند).



شکل٤-١ سوزن تصویربرداری

تعویض سوزن

سوزن در NAMA SPM بر روی یک نگه دارنده فلزی قرار می گیردد که به صورت مغناطیسی به انتهای اسکنر متصل می شود. تعویض سوزن به کاربر امکان تصویر برداری در مدهای مختلف را م می دهد(STM,SFM,MF)

یکی از عوامل مؤثر در کیفیت کار استفاده از سوزن مناسب می‌باشد. سوزن های SFM گران قیمت هستند بنابراین کمال دقت را درحین استفاده وجابجایی آن بنمایید. کاربر با توجه به جنس نمونه و روش تصویر برداری جنس سوزن خود را انتخاب کند.برای تهیه سوزن STM دو روی مکانیکی و الکتروشیمیایی وجود دارد که در جلسات توجیهی بصورت عملی آموزش داده می شود.

توجه: برای تعویض سوزن باید فردی با تجربه کافی انجام دهد یا در کنار مسئول سیستم، با تجربه کافی این عمل را انجام داد.

برای تعویض سوزن مراحل زیر را طی نمایید:

١- با کلیک بر روی کلید دوربین، محل سوزن را پیدا کنید.

٢- با استفاده از نانوموتور، سوزن را در حالت Fast و با کلید کاملاً از سطح نمونه دور نمایید.

۳- ابتدا نگه دارنده سوزن را از محل خود خارج نمایید و برروی محل تعویض سوزن قرار دهید.

٤- سوزن را توسط پنس روی نگه دارنده قرار دهید. مواظب باشید اگر سوزن بر زمین بیافتد از بین می رود.

۵- نگه دارنده را در محل خود قرار دهید.

نرم افزار اسکن

سیستم NAMA-SPM دو نرم افزار مجزا برای ثبت دادها (تصویر برداری) و آنالیز داده ها (تصاویر) دارد.

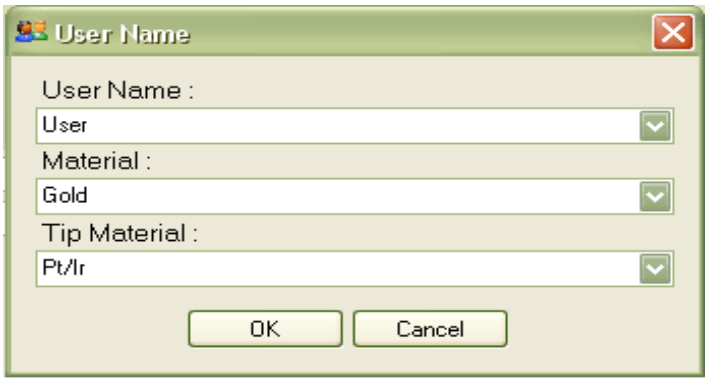
در صفحه Desktop رایانه با انتخاب نمودن آیکون مربوط به نرم افزار اسکن سیستم را با دو بار کلیک بر روی آن، فعال سازید.

شکل۵-۱ آیکون نرم افزار سیستم

روش دیگر فعالسازی نرم افزار استفاده از آیکون نرم افزار در منوی start می باشد.

صفحه User Name

قبل از بازشدن نرم افزار اسکن اطلاعاتی از کابر در پنجره User Name (شکل ۵-۲) دریافت می گردد که عبارتند از: مشخصات نام کاربر (User name) و نوع ماده (Material) و نوع سوزن (Tip Material). این اطلاعات به همراه نتایج ذخیره می شوند و قابل بازیابی می باشند.



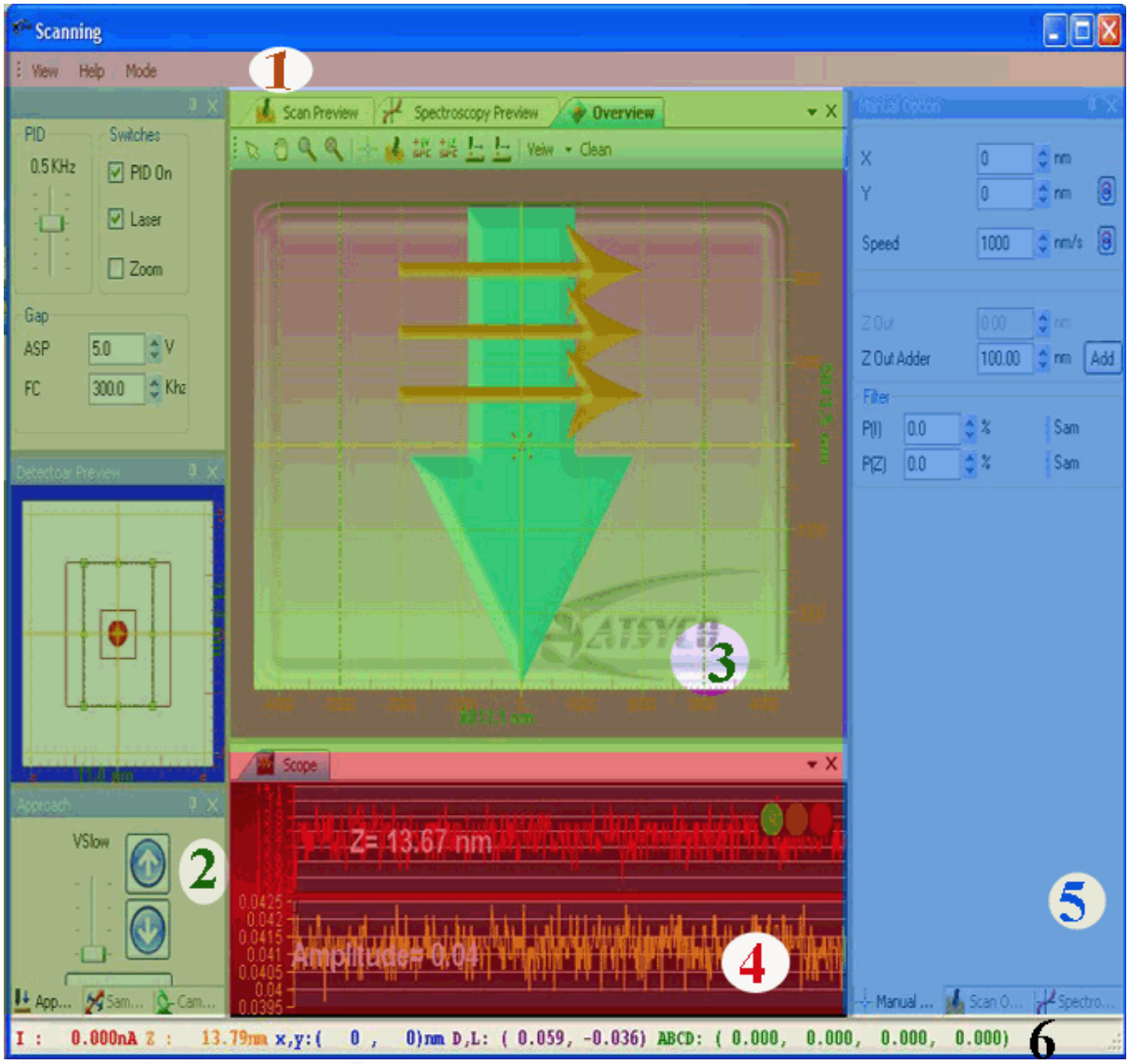
شکل۵-۲ صفحه ورودی نام کاربر و نوع ماده و نوع سوزن

در صورتیکه در حین کار، کاربر یا سطح نمونه و یا نوع سوزن تغییر کند، با استفاده از گزینه User Name در منوی View، این فرم باز شده و اطلاعات تصحیح می گردند.

پس از وارد کردن اطلاعات خواسته شده در پنجره بالا و انتخاب کلید Ok، محیط اسکن مشاهده می شود. (شکل ۵-۳) در صورتی که کلید Cancel انتخاب گردد نرم افزار بسته می شود.

فرم اصلی

محیط نرم افزار اسکن به صورت پیش فرض شامل شش بخش می شود که هر کدام از آنها قابلیت جابجایی و تنظیم به صورت دلخواه کاربر می باشند. بخش های نرم افزار اسکن عبارتند از: ۱- نوار ابزار نرم افزار اسکن ۲- ابزار کنترلی، ۳- صفحات نمایش، ٤- نمایشگر سیگنالهای خروجی، ۵-تنظیم پارامتر اها



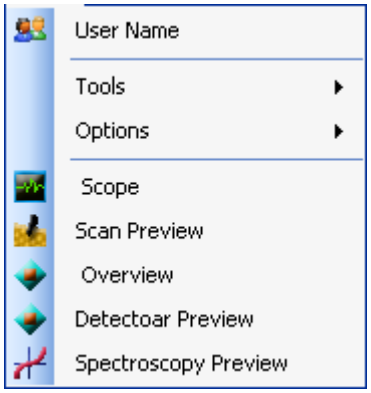
شکل۵-۳ محیط اسکن

۶- نوار ابزاری که مقدار جریان سوزن بر حسب نانو آمپر و مقدار ارتفاع سوزن بر حسب نانومتر و همچنین مختصات x و y سوزن در هر لحظه نمایش داده می شود.در شکل فوق هر کدام از بخش به ترتیب نشان داده شده اند.

نوار ابزار نرم افزار اسکن

نوار ابزار نرم افزار اسکن برای تنظیمی نمایش فرم های مختلف و تنظیمات حالت سیستم می باشد که شامل سه گزینه View ، Help و Mode می باشد.

گزینه View شامل دسته های زیر می باشد:

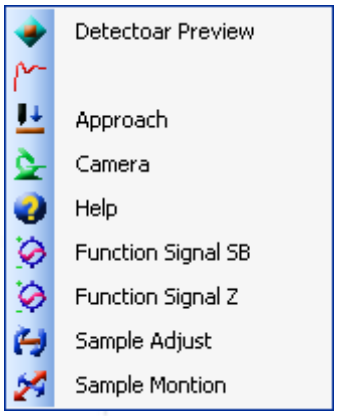


- User name

با انتخاب این گزینه، صفحه User name نمایش داده می شود و کاربر می تواند نام و نوع ماده و نوع سوزن را مجددا" تغییر دهد.

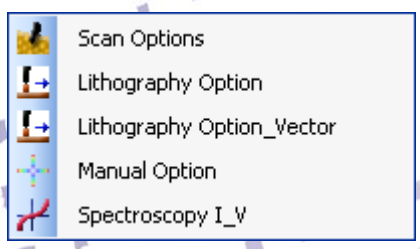
- Tools

با استفاده از این گزینه، می توان تک تک ابزارهای کنترلی را مجددا" فعال نمود.



– Options

با انتخاب گزینه Option هر کدام از سه گزینه Scan Option، Spectroscopy V-I، Spectroscopy Z-I را در محیط اسکن فعال می شوند.



– Overview

با انتخاب این گزینه، صفحه Overview فعال می شود.

- Scope

با انتخاب این گزینه، صفحه Scope فعال می شود.

- Scan Preview

با انتخاب این گزینه، صفحه Scan Preview در محیط اسکن فعال می گردد.

- Spectroscopy Preview

با انتخاب این گزینه، صفحه Spectroscopy Preview فعال می شود.

توجه: تمامی گزینه های بخش View، به صورت پیش فرض در محیط اسکن نمایش داده می شوند و کاربر تک تک گزینه ها را می تواند در حین کار ببند و برای نمایش دوباره آنها باید از طریق نوار ابزار View، آنها را انتخاب نماید.

گزینه Help شامل زیر شاخه های زیر می باشد.

- Contents

مفاهیم کلی در رابطه با سیستم و نرم افزار در فایل Help در این بخش قابل مشاهده می باشند و با کلیک روی هر گزینه می توان اطلاعات راجع به آن را مطالعه نمود.

- Index

با انتخاب این گزینه، فهرست help نمایش داده می شود.

- Search

با استفاده از این گزینه، کاربر می تواند موضوع مورد نظر خود را در Help جستجو نماید.

- About

اطلاعات کلی در رابطه با سیستم و نرم افزار به منظور آشنایی کاربر در این بخش بیان گردیده است.

(شکل ٥-٤)

شکل ٥-٤ صفحه About

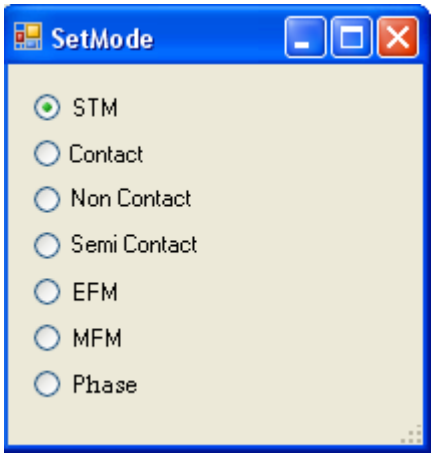
- Start Up

این بخش شامل صفحه Start Up است که در حین راه اندازی نرم افزار مشاهده می شود. در این بخش کاربر می تواند با تیک کردن گزینه "Don't Show again"، صفحه اول را حذف و یا مجددا" فعال سازد.

شکل ۵-۵ صفحه Start Up

گزینه Mode تنظیم حالت تصویر برداری

در این پنجره حالت تصویر برداری تنظیم می گردد. گزینه STM تصویر برداری تونلی روبشی، گزینه Contact تصویربرداری نیروی روبشی به روش تماسی. گزینه Non Contact تصویربرداری نیروی روبشی به روش غیرتماسی و گزینه Semicontact به روش شبه تماسی، گزینه MFM تصویربرداری نیروی روبشی مغناطیسی، گزینه EFM تصویربرداری نیروی روبشی الکتروستاتیکی و گزینه Phase تصویر برداری فاز است.



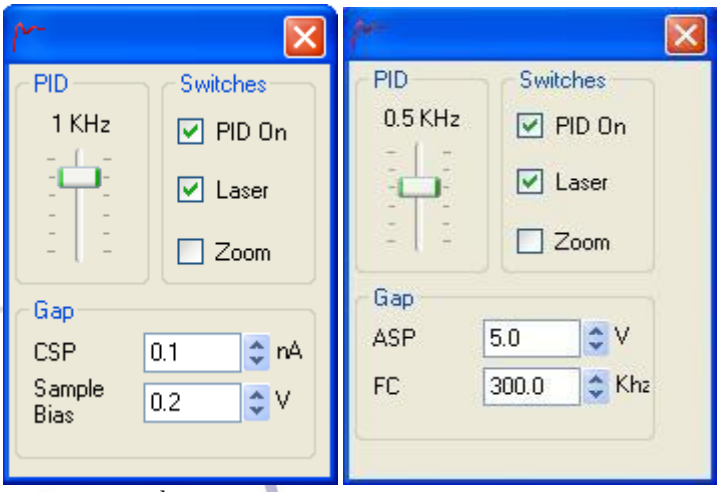
شکل ۶-۰ تنظیم حالت تصویر برداری سیستم

صفحات ابزار کنترلی

تمام صفحات این قسمت برای کنترل سیستم استفاده می شوند.

تنظیم مدار فیدبک(PID)

این فرم برای کنترل حساسیت، آستانه و شدت میدان (ولتاژ میدان STM شدت نور لیزر SFM) استفاده می شود. این فرم با تغییر حالت سیستم تغییر می کنند.



b a

شکل ۵-۷ پنل تنظیم مدار فیدبک a- میکروسکوپ نیروی روبشی b- میروسکوپ تونلی

گزینه PID

این گزینه حساسیت مدار فیدبک بر حسب فرکانس کنترل می نماید. مقادیر بالاتر حسایست بیشتر را نشان می دهند. ، شش فرکانسHz ۱/۱۰/۱۰۰/۵۰۰/۱۰۰۰/۲۰۰۰ در سیستم تعبیه شده است. با کلیک بر نوار در نظر گرفته شده، کاربر امکان تغییر فرکانس PID را خواهد داشت. با تغییر میزان فرکانس PID می توان نویز را در حین تصویربرداری کنترل نمود.

توجه: فرکانس کار PID برای حالت معمول تصویربرداری معمولاً ۱۰۰۰Hz و یا ۱۰۰Hz انتخاب می‌گردد. (در اسکن های زیرnm ۱۰۰۰، بهترین فرکانس کار ۱۰۰ Hz و در اسکن های بالای ۱۰۰۰ nm با فرکانس های بالاتر از ۱۰۰ Hz تصویر بهتری به دست خواهد آمد)

گزینه Switches

این گزینه به ترتیب شامل کلید های فعال سازی PID، گزینه روشن/خاموش بودن Laser، Zoom سخت افزاری می باشد. در حالت روشن بودن PID، مدار فیدبک فعال است و کنترلر PID سعی در ثابت نگه داشتن پارامتر کنترلی دارد. روشن/خاموش بودن منبع لیزر در مدهای SFM مورد استفاده قرار می گیرد. با انتخاب گزینه Zoom مدار سخت افزاری در حالت Zoom قرار می گیرد که در این حالت پارامترهای فرکانس PID و بازه اسکن به ۰,۰۱ مقدار خود می رسند. (ماکزیمم بازه تصویربرداری ۸۰۰ nm x ۸۰۰ است و فرکانس PID ضربدر ۰,۱ می باشد) و در این حالت رزولوشن سیستم بهتر می گردد.

توجه: در بیشتر حالت ها وقتی PID خاموش می گردد، فاصله بین سطح و سوزن ثابت است. بنابراین ممکن است یه سوزن و اسکنر آسیب وارد شود. بنابراین باید قبل از فعال سازی این گزینه از همواری سطح نمونه مطمئن گردید.

توجه به این نکته لازم است که کلید Zoom این گزینه ها به صورت سخت افزاری عمل می نماید و برای دستیابی به تصاویر با جزئیات بیشتر از این گزینه استفاده می شود. بنابراین در هنگام فعال سازی آن به نکات زیر توجه نمائید:

۱. مقدار Z را با استفاده از Approach در بازه 150 nm ± قرار دهید.
۲. مقادیر offset ها را در بازه 600 nm ± قرار دهید. (این عمل را می توان با استفاده از ماوس در صفحه Overview انجام داد. (بخش ۵-۲-۱))

۳. گزینه Zoom را فعال نمائید.

✎ **توجه:** به منظور تصویربرداری در ابعاد کوچکتر از ۱۰۰nm باید حتما از وضعیت zoom استفاده شود.

گزینه Gap

این گزینه شامل دو پارامتر کنترلی است که اولی آستانه برای مدار فیدبک است و دیگری دامنه میدان یا نوسانات را کنترل می نماید. بسته به مد سیستم به دو شکل می باشد:

مد STM

CSP: جریان سوزن

Sample Bias Voltage: ولتاژ اعمالی بر روی سوزن و سطح

مدهای SFM

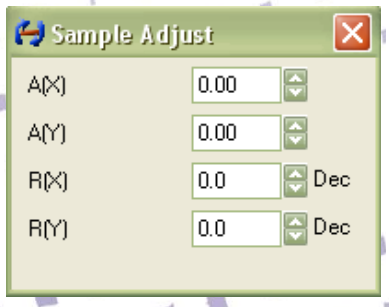
Fc مقدار فرکانس اعمالی به سوزن در حالتهای غیر تماسی و شبه تماسی

ASP مقدار نیروی اعمال شده به سوزن

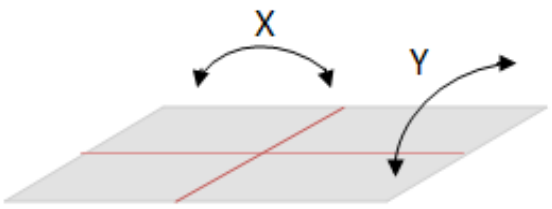
✎ **توجه:** در تصویر برداری از سطوح ناصاف و دارای پستی و بلندی بیشتر جریان تنظیم شده در ASP را کم قرار دهید زیرا امکان تماس و خرابی سطح نمونه توسط سوزن و شکستن سوزن در این حالت کاهش می یابد.

تنظیم نمونه (Sample Adjust)

در سیستم NAMA-SPM، قابلیت tilt کردن نمونه وجود دارد. گزینه های A(X) و A(Y) شیب خطی صفحه را به ترتیب در جهت X و Y تنظیم می نمایند و گزینه های R(X) و R(Y) مقدار زاویه سطح نسبت به افق بر حسب درجه به ترتیب در جهت X و Y نشان می دهند.



a



b

شکل ۵-۸ a- تنظیمات نمونه b- بلوک دیاگرام

به منظور تراز کردن نمونه، یک اسکن با ماکزیمم اندازه ۸۰۰۰ x ۸۰۰۰ از تصویر گرفته شود، در حین تصویربرداری با مشاهده منحنی Z می توان شیب منحنی را مشاهده نمود. به منظور به حداقل رساندن این شیب، با توجه به جهت تصویربرداری، اگر سوزن در جهت X حرکت می کند، نسبت به صعودی و یا نزولی بودن شیب، مقدار R(X) را کم یا زیاد می کنیم و با مشاهده منحنی Z می توان شیب منحنی را صفر نمود. در هنگام تصویربرداری در جهت Y، با تغییر میزان R(Y) و مشاهده منحنی Z، هنگامی که شیب منحنی صفر شد، نمونه تراز شده است. مقدار A(X) و A(Y) به صورت اتوماتیک با تغییر R(X) و R(Y) تنظیم می شوند.

تنظیم دوربین

در این سیستم می توان سوزن و سطح نمونه را با استفاده از دوربین CCD با دقت ۰,۱ mm مشاهده نمود. بزرگنمایی دوربین ۱۰۰ برابر می‌باشد، یعنی می‌توان فاصله میان سوزن و سطح نمونه را با دقت ۰.۱ mm مشاهده و تنظیم کرد.

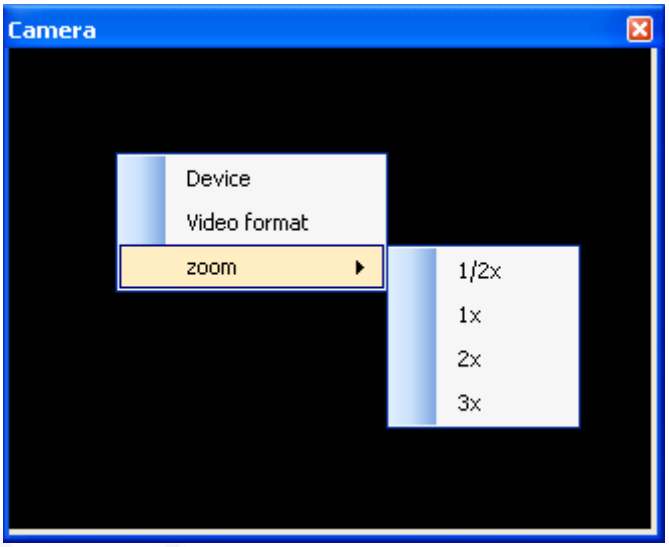
پنجره مربوط به دوربین توسط کلید ، فعال می شود. با استفاده از کلیدهای تنظیم موقعیت دوربین، مکان بهینه تنظیم می شود. کلید و کلید به ترتیب حرکت به سمت بالا و پایین (عمودی) و کلید و کلید به ترتیب حرکت به سمت چپ و راست (افقی) را برای موقعیت دوربین تنظیم می‌نمایند. کلید جهت بزرگنمایی بیشتر و کلید جهت بزرگنمایی کمتر بکار رفته و تغییر نقطه زوم را برای دوربین فراهم می نمایند.

هنگامی که پنجره دوربین بسته شود، دوربین، لامپ روشنایی آن، موتور جابجایی دوربین و موتور جابجایی نمونه خاموش می شوند.

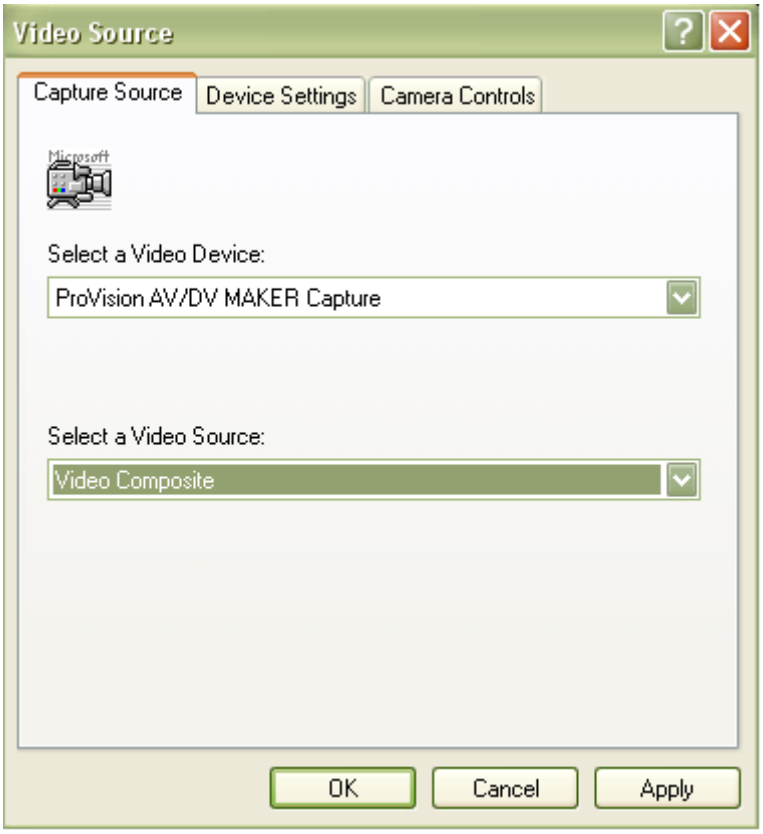
a b

شکل۵-۹ a- تنظیمات دوربین b- پنجره نمایش دوربین

در صورت راست کلیک بر روی پنجره نمایشگر دوربین، ابزار زیر قابل استفاده هستند.

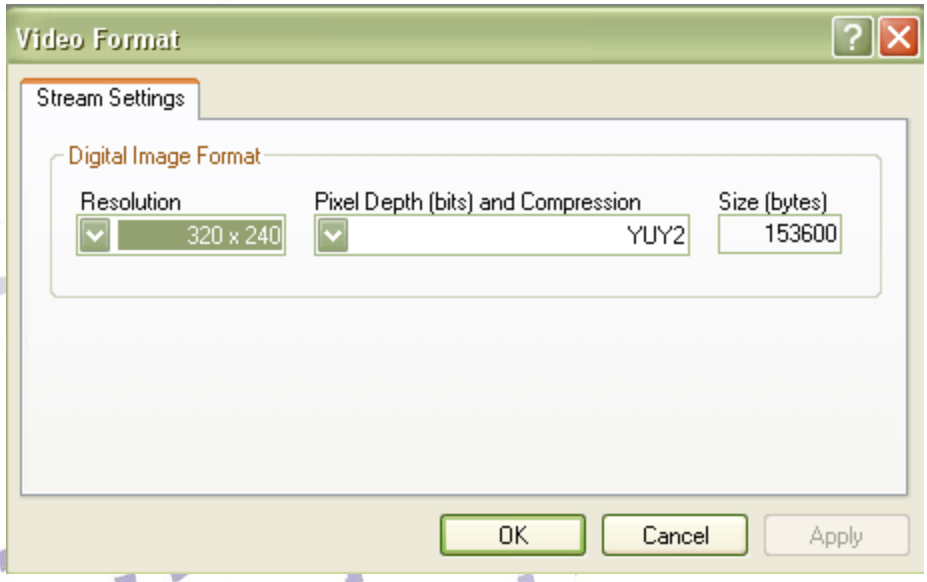


گزینه Device: با انتخاب این گزینه، پنجره زیر باز می شود که شامل سه بخش Capture Source، Device Setting و Camera Control می باشد. این گزینه مربوط به تنظیمات دوربین است و در حالت پیش فرض تنظیمات بهینه خود را دارا می باشد.



شکل۵-۱۰ پنجره تنظیمات دوربین

گزینه Format: با انتخاب این گزینه، صفحه شکل ۵-۱۱ مشاهده می گردد. این صفحه تنظیمات مربوط به رزولوشن میباشد. مقادیرپیش فرض، مقادیر بهینه می باشند.



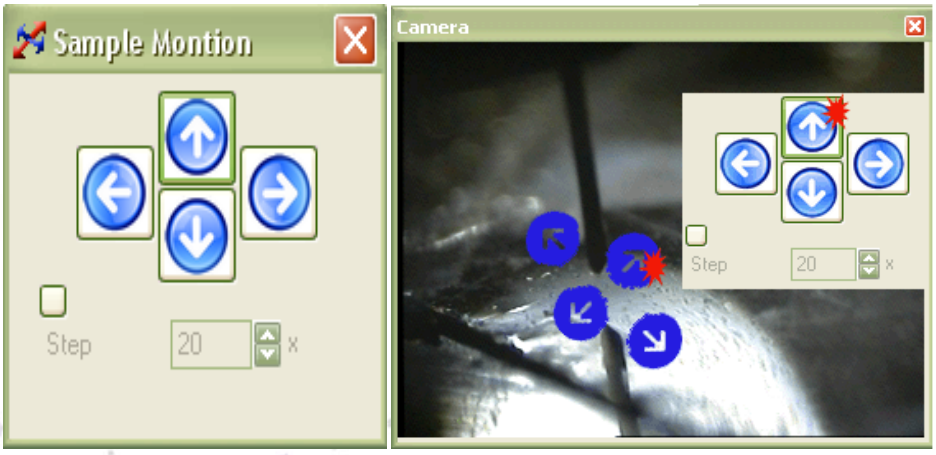
شکل ۵-۱۱ پنجره تنظیمات رزولوشن دوربین

گزینه Zoom: با انتخاب این گزینه، چهار حالت بزرگنمایی 1/2x، 1x، 2x و 3x مشاهده می شود. حالت 1/2x نمایشگر دوربین را ٤ برابر کوچکتر نشان می دهد، حالت 1x نمایشگر را در اندازه خودش نشان می دهد، حالت 2x نمایشگر را چهار برابر بزرگتر کرده و حالت 3x نمایشگر را ۹ برابر بزرگتر نمایش می دهد.

توجه: اگر پس از باز شدن صفحه دوربین، تصویری نشان داده نشود و به صورت یک صفحه سیاه نمایان شود، روی صفحه راست کلیک نمایید و گزینه Device را انتخاب نمایید. در صفحه باز شده، گزینه Select a video source را روی Video composite تنظیم نموده و کلید Apply را فشار دهید. سایر تنظیمات این صفحه، بهتر است به صورت پیش فرض باقی بماند.

تنظیم موقعیت نمونه

در سیستم NAMA-SPM، امکان جابجایی سطح نمونه به صورت نرم‌افزاری و دقیق موجود می‌باشد. هنگامی که نیاز به جابجایی نمونه باشد از این امکان استفاده می شود. کلید برای حرکت در جهت مثبت x و کلید در جهت منفی x و کلید حرکت در جهت مثبت y و کلید در جهت منفی y استفاده می شوند.



a b

شکل۵-۱۲ a- تنظیم مکان نمونه b- نمایش جهت های جابجایی نمونه روی نمایشگر دوربین

هنگامی که کلید جابجایی نمونه فشار داده شود موتورها روشن شده و تا بعد از ۲۰ ثانیه روشن هستند. بهتر است بعد از خاموش شدن موتور ها تصویر برداری انجام شود.

گزینه step گام های جابجایی موتور را تنظیم می نماید و در صورتی که غیر فعال باشد، موتور ها با ماکزیمم سرعت جابجا می شوند (این حالت برای جابجایی چند میلی‌متری نمونه استفاده می شود). اگر گزینه Step

فعال باشد امکان تنظیم تعداد گامهای موتور از طریق آیتم فعال شده در کنار گزینه Step وجود دارد. هر گام از این آیتم تقریبا" ۰,۳ میکرون می باشد.

توجه: برای جابجایی های خیلی دقیق حتماً گزینه Step فعال شود.

در هنگامی که سوزن درون ناحیه Gap می باشد، برای جلوگیری از آسیب دیدن سوزن و سطح نمونه، نمونه جابجا نشود.

تنظیم ارتفاع سوزن (Approach)

برای ورود به Gap لازم است سوزن در فاصله ۱nm و یا کمتر، از سطح نمونه قرار بگیرد. در این نرم افزار امکان حرکت سوزن به سمت بالا و پایین در چهار حالت با سرعت های مختلف امکان پذیر است که به ترتیب از Fast به Very Slow سرعت کاهش می یابد. کلید Auto به صورت اتوماتیک با سرعت Very Slow سوزن را درون ناحیه Gap می برد. برای قرار دادن سوزن در این فاصله، بهتر است در ابتدا یک تقریب نسبی از مکان سوزن پیدا کرد. اگر ارتفاع سوزن از سطح نمونه زیاد باشد، با فعال کـردن گزینه Fast و فشردن دکمه ، سوزن به کمک موتور به سمت پائین هدایت می‌شود، تا زمانیکه به فاصله ای، در حدود 1cm، سطح نمونه قرار گیرد.

توجه: برای درک دامنه تغییرات سوزن و اندازه استپ های موتور، در ابتدا هر کدام از مدهای Slow Fast/Medium//Very Slow با دقت در بیرون از ناحیه Gap تست گردد، تا از صدمه زدن به سوزن، سطح نمونه و سخت افزار جلوگیری گردد.

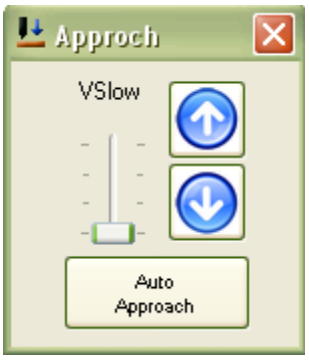
در نزدیکی سطح نمونه هرگز از کلید Fast استفاده نشود. (امکان شکستن piezo وجود دارد.)

در فاصله 1cm، برای داشتن کنترل بیشتر بر دامنه حرکت سوزن از مدهای Medium و Slow که دارای حرکت هموارتری هستند، استفاده گردد.

توجه: ازفاصله 1cm حالت Medium، فعال و تا فاصله 5mm از سطح نمونه استفاده شود. از این فاصله به بعد تا زمانیکه با کمک دوربین نوک سوزن قابل مشاهده است، با کمک گزینه Slow برای نزدیک شدن به سطح استفاده می گردد، تا زمانیکه نوک سوزن و تصویر آن بر روی نمونه مماس گردند. در این زمان گزینه

Very Slow انتخاب می گردد. (قبل از زدن کلید در حالت فوق لازم است مقادیر PID تنظیم گردند) و یا کلید Auto Approach فشار داده شود.

با انتخاب کلید Auto Approach سوزن به صورت اتوماتیک به سطح نزدیک می شود تا وارد Gap شود (بهتر است از این مد در نزدیکی سطح استفاده شود).



شکل ۱۳-۰ کلیدهای هدایت موتور

معمولاً سطوح نمونه برداری شفاف و آئینه‌ای هستند و امکان مشاهده تصویر سوزن بر روی سطح نمونه وجود دارد. در فاصله حـــدود ۲-۱ میلی‌متـــر، tip و تصویر آن بر روی یکدیگـر قرار می‌گیرنـــد.

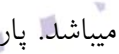
توجه: در حالت Very Slow تغییر در ارتفاع سوزن با چشم قابل مشاهده نمی باشد. تنها صدای موتور نمایشگر حرکت موتور خواهد بود.

توجه: برای حذف نویزهای محیطی و الکترومغناطیسی در این زمان بهتر است در جعبه مکانیک بسته شود. (حذف نویزها در پنجره اسکوپ قابل مشاهده است.)

منابع تولید سیگنال

در سیستم NAMA-SPM، امتیاز جدیدی دارد و امکان مدوله نمودن سیگنال دلخواه را روی سیستم به کاربر می دهد. پنجره Function Signal تنظیمات سیگنال دلخواه (سینوسی، مربعی، مثلثی) مدوله کننده را فراهم می کند.

منبع تولید سیگنال

گزینه 

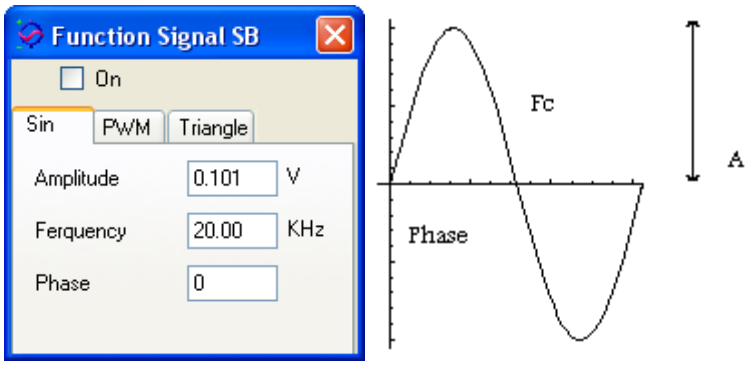
فعا لسازی این امکان میباشد. پارامترها عبارتند از:

سینوسی

Amplitude: دامنه موج سینوسی (V)

Frequency: فرکانس موج(V)

Phase: فاز شروع موج(V)

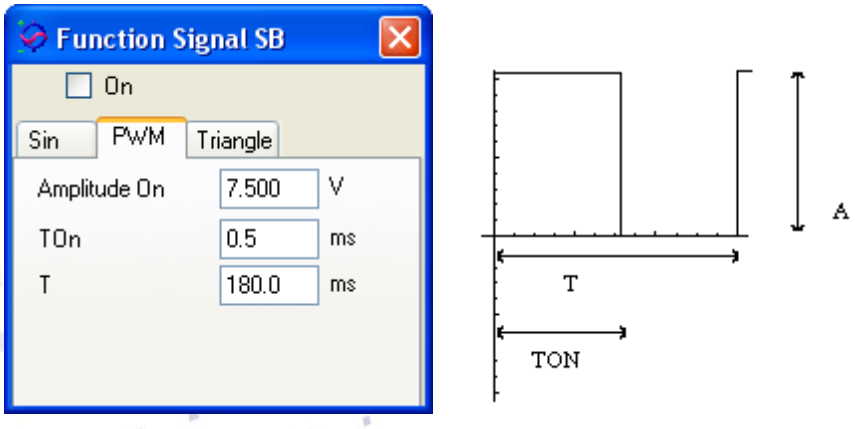


مربعی

Amplitude ON: دامنه موج مربعی

TON :عرض پالس

T: دوره تکرار پالس

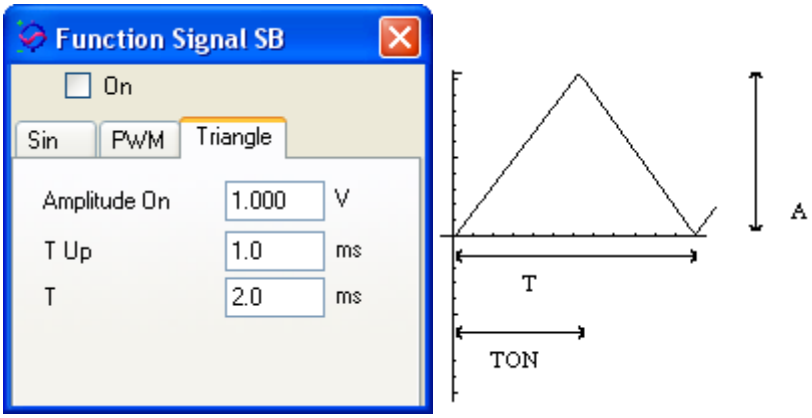


مثلثی

Amplitude ON: دامنه موج

TFN :عرض پالس

T: دوره تکرار پالس



صفحات نمایش

این پنجره ها در وسط پنجره نرم افزار اسکن قرار دارند و برای نمایش نتایج به صورت بلادرنگ استفاده می شوند. این پنجره ها شامل Overview، Scan preview و Spectroscopy preview، Detector Preview تشکیل گردیده اند.

پنجره نمایش Overview

پنجره Overview نمایی از کل سطح نمونه (حداکثر مقیاس و نقطه مرجع مرکز صفحه) می باشد. در این پنجره اطلاعاتی مانند: موقعیت فعلی سوزن، بازه و آفست تصویر برداری و یا اسپکتروسکوپی مشخص است و در این پنجره می توان حرکت سوزن را دنبال نمود.

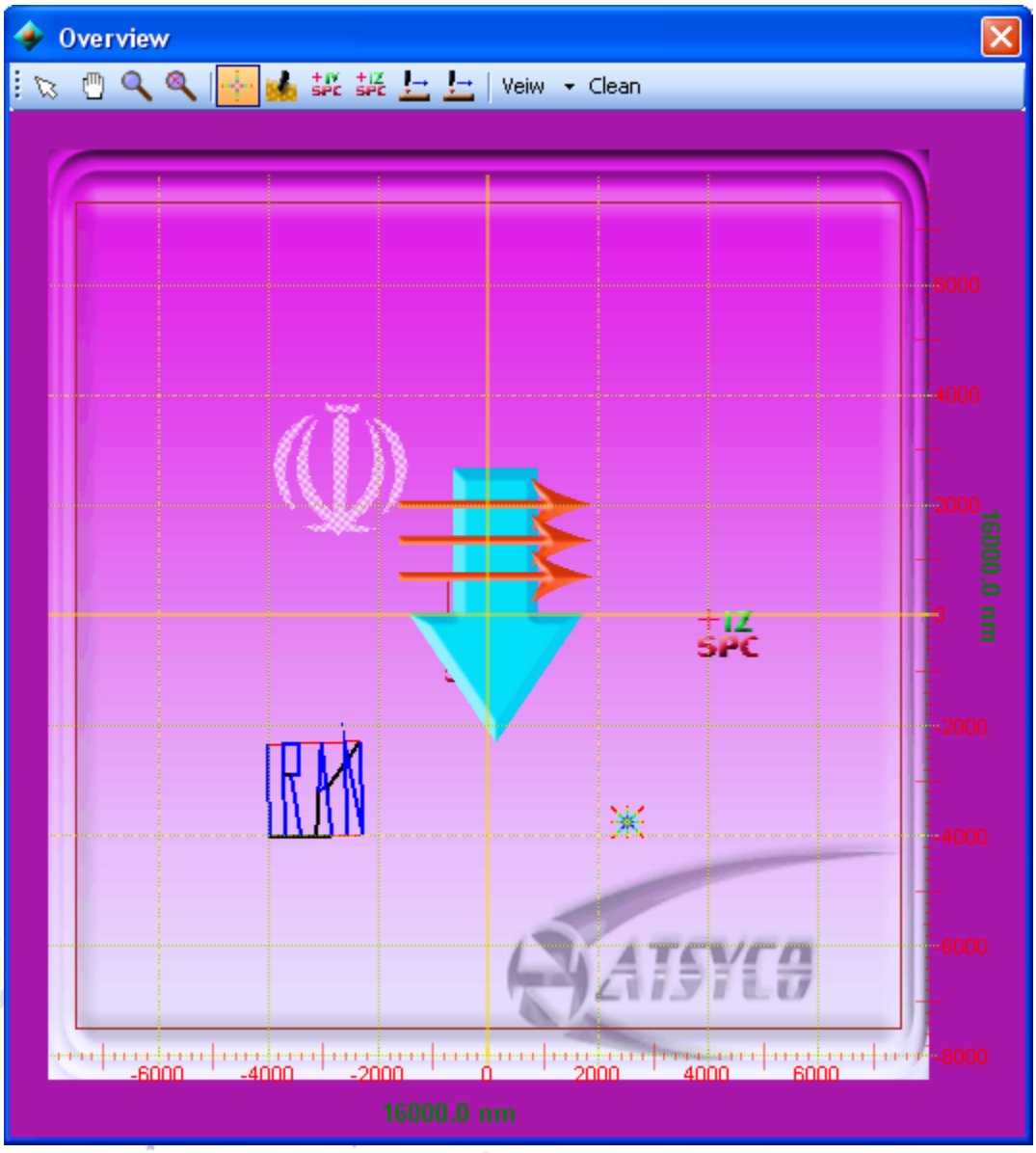
نمایشگر محل تصویر برداری و زاویه اسکن را نشان می دهد (فلش آبی رنگ در نماد اسکن نمایانگر جهت اسکن و فلش های قرمز رنگ نشان دهنده جهت حرکت سوزن در حین اسکن می باشد). کادر سبز رنگی در اطراف نمایشگر وجود دارد که کاربر می تواند با کوچک و بزرگ کردن این کادر و جابه جایی آن با ماوس ، مکان اسکن و اندازه و زاویه اسکن را تنظیم نماید. این تغییرات به صورت اتوماتیک در پنجره Scan Option نیز اعمال می گردند. با شروع تصویر برداری، تصویر بدست آمده در پنجره Overview در همان جهت انتخاب شده نمایش داده می شود.

نمایشگر IV SPC محل اسپکتروسکوپی I-V و نمایشگر IZ SPC محل اسپکتروسکوپی I-Z را نشان می دهند و کاربر می تواند با جابه جایی این نمایشگرها با ماوس ، مکان اسپکتروسکوپی را تنظیم نماید.

نمایشگر محل سوزن را به صورت دستی کنترل می کند وکاربر با انتخاب آن می تواند سوزن را به محل دلخواه خود ببرد.

نمایشگرتصویرآرم یک تصویر دلخواه است که برای فرایند لیتوگرافی تصویری استفاده می شود.

نمایشگر IRAN یک مسیر برداری دلخواه برای لیتوگرافی برداری است.



شکل ٥-١٤ پنجره نمایش Overview

با کلیدهای نوار ابزار کنترلی می توان نوع داده نمایش داده شده را انتخاب نمود.

آیکون : حرکت ماوس را روی صفحه مشاهده نموده و ابزار دلخواه را می توان انتخاب نمود.

آیکون :قابلیت جابجایی صفحه در مواقعی که صفحه دارای بزرگنمایی می باشد را به کاربر می دهد.

آیکون : بزرگنمایی در صفحه

آیکون : حذف کلیه بزرگنمایی ها.

آیکون : فعالسازی نمایشگر روی صفحه.

آیکون : فعالسازی نمایشگر روی صفحه.

آیکون : فعالسازی نمایشگر روی صفحه.

آیکون : فعالسازی نمایشگر روی صفحه

آیکون : فعالسازی نمایشگر روی صفحه

View: این گزینه شامل گزینه های Scan، SPC V-I، SPC Z-I، Lito Bitmap و Lito Vector می باشد که با انتخاب هر کدام، نمایشگر مربوطه به آن از روی صفحه ایجاد/حذف می گردد.

Clean: این گزینه جهت حذف تصویر های قبلی از صفحه استفاده می گردد.

پنجره نمایش اسکن

این پنجره تصاویری که ذخیره می شوند را به صورت بلادرنگ نشان می دهد. اجزای این پنجره شامل: ۱- نوار ابزار کنترلی ۲- تصویر داده های اولیه ۳- پنجره نمایش داده های ثانویه ٤- منحنی خط به خط داده های اولیه ٥ منحنی خط به خط داده های ثانویه می باشند.

نوار ابزار کنترلی

با کلیدهای نوار ابزار کنترلی می توان نوع داده نمایش داده شده را انتخاب نمود.

: بزرگنمایی بیشتر

: بزرگنمایی کمتر

: حذف کلیه بزرگنمایی ها

View 1: فقط تصویر داده های اول را نمایش داده می شوند.

View 2 : فقط تصویر داده های دوم را نمایش داده می شوند.

View1 & View 2: تصویر داده های اول و دوم را به صورت همزمان نمایش داده می شوند.

File Name: نام و محل ذخیره سازی تصویر را نمایش می دهد.

شکل ۵-۱۵ پنجره نمایش اسکن

تصویر داده های اولیه

در این صفحه تصویری داده های اولیه (بدون توجه به جهت اسکن انتخاب شده) از بالا به پایین کامل می شود. نقطه مرجع مرکز تصویر می باشد. مقادیر سبز رنگ بازه اسکن را نمایش می دهند.

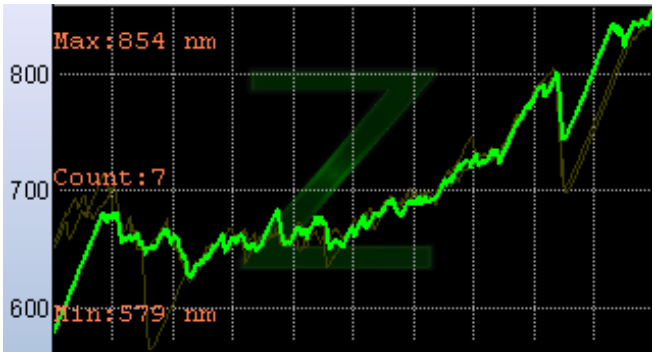
تصویر داده های ثانویه

در این قسمت تصویر داده های ثانویه (بدون توجه به جهت اسکن انتخاب شده) از بالا به پایین کامل می شود. نقطه مرجع مرکز تصویر می باشد و مقادیر سبز رنگ بازه اسکن را نمایش می دهند.

پنجره نمایش خط به خط داده اولیه

این پنجره نمایش در هنگام اسکن به صورت بلادرنگ تغییرات داده های اولیه را در طول هر خط اسکن نمایش می‌دهد. با این نمایش می توان یک دید کلی از فرایند اسکن در حین تصویر برداری پیدا کرد. خط‌های پر رنگ مربوط به آخرین خط اسکن شده و خطوط کم رنگ مربوط به اسکن خطوط قبل می‌باشد. در حالت پایداری سیستم این خطوط باید همپوشانی داشته باشند.

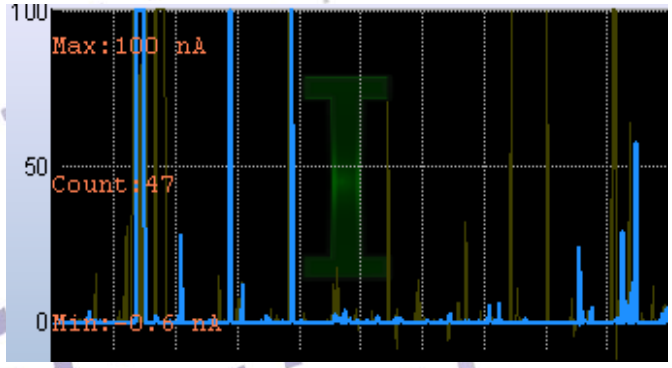
محدوده ماکزیمم و مینیمم محورهای نمایش داده شده قابل تنظیم می‌باشد. برای اینکار کافیست روی پنجره دو بار کلیک نمایید، در پنجره نمایش داده شده، تیک Auto Range را برداشته و مقادیر ماکزیمم و مینیمم را به دلخواه وارد کرد. سپس با زدن کلید Ok تغییرات اعمال می گردند.



شکل ۵-۱۶ پنجره نمایش ارتفاع

پنجره نمایش خط به خط داده ثانویه

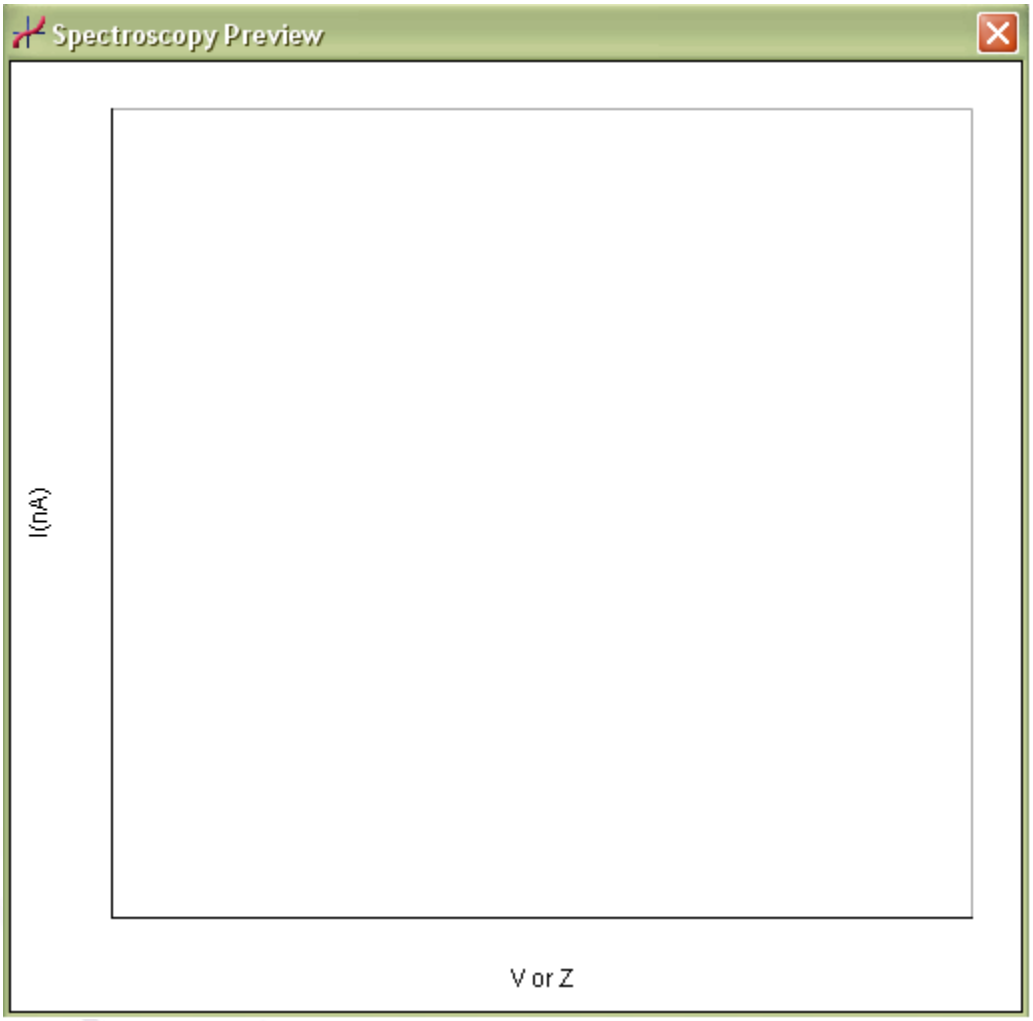
این پنجره نمایش در هنگام اسکن به صورت بلادرنگ تغییرات داده های ثانویه را در طول هر خط اسکن نمایش می‌دهد. خط پر رنگ مقادیر مربوط به جریان سطر آخرین اسکن می‌باشد و مقادیر سطرهای قبل بصورت کمرنگ نمایش داده می‌شوند.



شکل ۵-۱۷ پنجره نمایش جریان

پنجره نمایش اسپکترسکوپی

در این پنجره منحنی اسپکتروسکوپی انجام شده، بسته به نوع اسپکتروسکوپی، I-V، I-Z و F-Z بصورت بلادرنگ نمایش داده می شود.



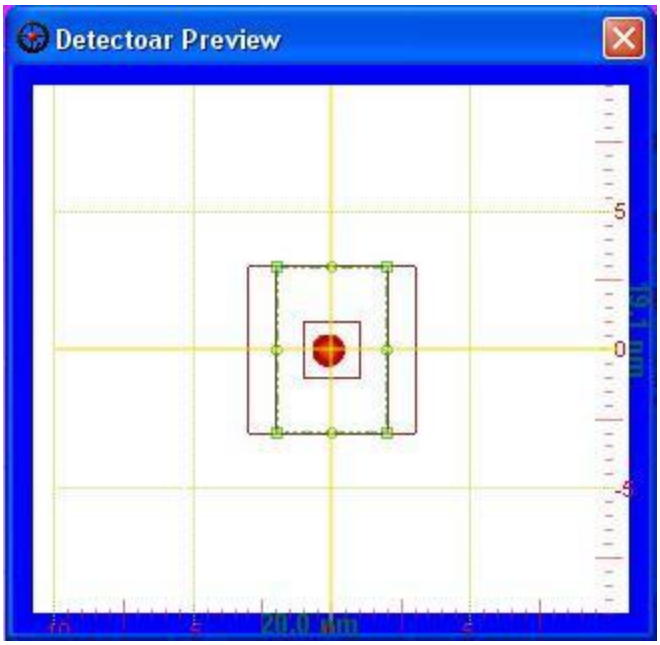
شکل۵-۱۸ پنجره نمایش اسپکتروسکوپی

برای مثال اگر اسپکتروسکوپی I-V در حال اجرا باشد، محور افقی ولتاژ (S.B) بر حسب ولت و محور عمودی جریان نمونه (I) بر حسب nA است. اگر اسپکتروسکوپی I-Z در حال اجرا باشد محور افقی تغییرات فاصله سوزن از سطح نمونه را از موقعی که PID خاموش می شود و محور عمودی تغییرات جریان نمونه بر حسب nA می باشد.

توجه: تغییرات محور افقی (Z) برابر با مجموع پارامتر Zup و Zdown– می باشد.

پنجره نمایش گیرنده نوری

این پنجره نمایی از گیرنده نوری در SFM را نشان می دهد. نقطه قرمز رنگ موقعیت نور را در صفحه نشان می دهد. کاربر می تواند باندها و حدود حرکت نور را تنظیم نماید.



نمایشگر گیرنده نوری

نمایشگر سیگنال های خروجی (Scope)

در این نمودار کاربر می تواند هر کدام از سیگنالهای خروجی را مشاهده نماید این پنجره نمایی از وضعیت سیستم را به کاربر نشان می دهد. در بالای پنجره سه چراغ به رنگ‌های قرمز، زرد و سبز قرار گرفته است. وقتی سوزن در ناحیه مناسب باشد چراغ سبز رنگ روشن خواهد بود. در صورتی که سوزن در خارج از ناحیه مناسب gap باشد چراغ زرد روشن خواهد بود و در زمانی که فشار یا تماس شدید به سوزن اعمال شود (touch) چراغ قرمز روشن خواهد بود.

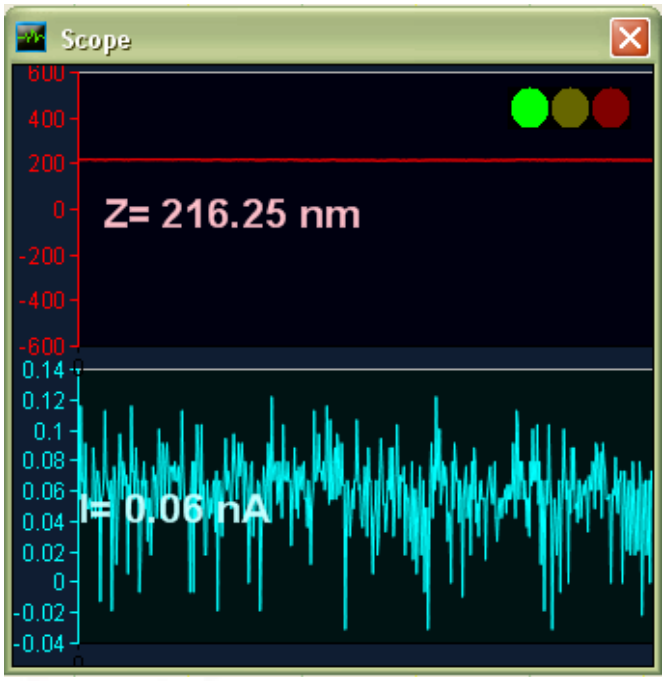
منحنی های پیش فرض بسته به حالت سیستم متفاوت است در STM مقادیر Z و I را نشان می دهدو در SFM مقادیر Z و Deflection را نشان می دهد. کاربر می توان نمودار را کنترل نماید. وقتی دو بار کلیک بر

روی نمودار شود پنجره Signal Parameter نمایش داده می شود. این پنجره بسته حالت سیستم لیستی از منحنی ها خروجی را نشان می دهد. ابزار کنترل برای هر نمودار عبارتند از:

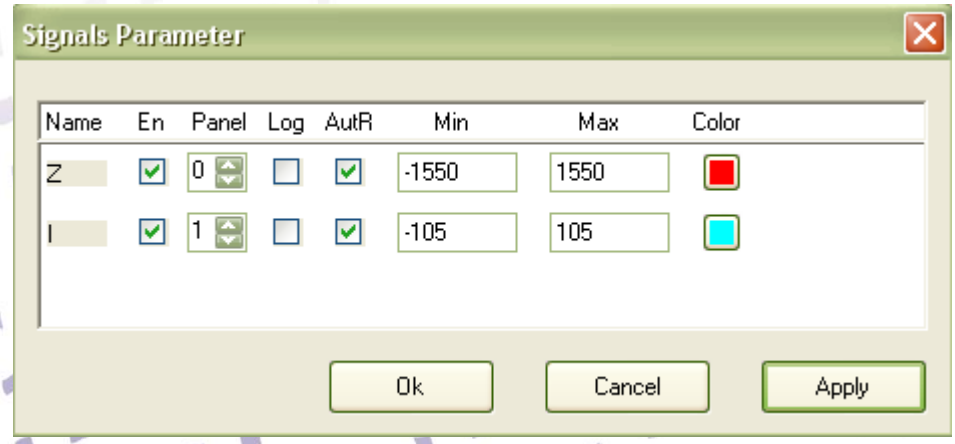
Panel: با استفاده از این گزینه، می توان منحنی را در نمودار های مختلف قرار داد.

Log : با فعال کردن این گزینه منحنی مربوطه به صورت لگاریتمی نمایش داده می شود.

AutR: با فعال کردن این گزینه مقدار ماکزیمم و مینیمم نمودار به صورت اتوماتیک در نظر گرفته می شود.



شکل ۵-۱۹ نمایشگر Scope



شکل ۵-۲۰ پارامترهای تنظیم سیگنال

Min و Max: مقدار ماکزیمم و مینیمم نمودار را در صورتی که گزینه Autoغیر فعال باشد تنظیم می نمایند.

Color: این گزینه امکان تغییر رنگ منحنی ها را به کاربر می دهد. با کلیک روی مربع رنگی پنجره تنظیم رنگ باز می شود و کاربر می تواند رنگ مورد نظر را انتخاب نماید.

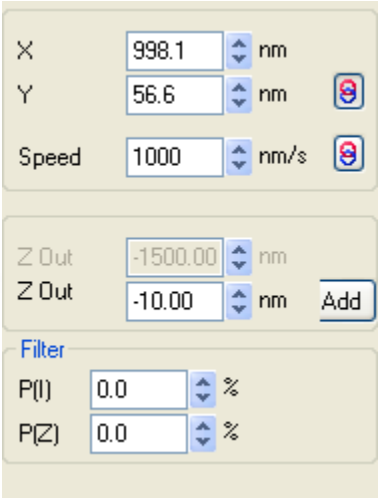
در انتها با کلیک بر روی گزینه Apply و انتخاب کلید Ok تغییرات در نرم‌افزار اعمال می‌گردد.

پنجره های تنظیم پارامتر اها

پنجره های این بخش به منظور کنترل پارامترها می باشد. پنجره Manual پنجره Scan Option پارامتر های تصویر برداری ، پنجره Spectroscopy پارامترهای Spectroscopy پارامتر های اسپکتروسکوپی و پنجره Lithography پارامترهای لیتوگرافی پارامترهای حرکت دستی را تنظیم می نمایند.

تنظیمات دستی

در این پنجره تنظیمات در حالت عادی انجام می گیرد.



شکل ۰-۲۱ پارامترهای اسکن

X: مکان قرار گیری سوزن بر حسب nm در نظر گرفته می‌شود.

Y: مکان قرار گیری سوزن بر حسب nm در نظر گرفته می‌شود..با کلیک روی کلید ، گزینه Y فعال شده و می توان مقدار دلخواه را تنظیم نمود.

Speed: سرعت حرکت سوزن

ZOut: مقدار فاصله سوزن و سطح در زمانی که مدار فیدبک خاموش است.

کلید ADD امکان اضافه یا کم کردن مقدار معینی را فراهم می سازد.

Filter

این امکان زیاد به نمی رود و وقتی که نیاز باشد سیگنالهای ورودی فیلتر شوند استفاده می شود ولی باعث از بین رفتن داده می شود.

P(I/Z)

درصد فیلتر روی داده ورودی

N(I/Z)

اندازه فیلتر روی داده ورودی

تصویر برداری

تصویر برداری SPM کاربرد اصلی در این سیستمها است و در مدهای زیر قابل اجرا است:

- **Scanning Tunneling Microscopy (STM)**
- **Tapping Mode™ SFM**
- **Contact SFM**
- **Non-contact SFM**
- **Phase Imaging**
- **Magnetic Force Microscope (MFM)**
- **Electric Force Microscope (EFM)**
- **Lateral Force Microscopy (LFM)**

Scan Options

این پنجره از پنج قسمت ۱- Range & Side، ۲- Option، ۳-Type Scan ٤- ذخیره سازی تنظیمات و اجرای تصویربرداری ٥- Repeat Option تنظیمات برای تکرار تصویر برداری تشکیل شده است.

شکل ۰-۲۱ پارامترهای اسکن

Range & Side

در قسمت Range & Side مقادیر بازه اسکن، رزولوشن آفست و زاویه اسکن تنظیم می گردند که عبارتند از:

Width: طول ناحیه اسکن

Length: ارتفاع ناحیه اسکن.

به صورت پیش فرض گزینه Length غیر فعال بوده و مقداری که برای Width تنظیم شود، برای Length هم در نظر گرفته می شود. (یعنی سطح به صورت مربع در نظر گرفته می شود). با کلیک روی کلید ،

گزینه Length فعال شده و می توان مقدار دلخواه را تنظیم نمود. در این حالت امکان اسکن مستطیلی وجود دارد.

Points: تعداد نقاط نمونه برداری در یک خط از تصویربرداری در راستای مورد نظر (x یا y) می‌باشد. مقدار Point تنظیم کننده وضوح تصویر می‌باشند. هر مقدار Point بالا باشد وضوح بهتری بدست خواهد آمد.

به صورت پیش فرض با انتخاب P.N برای محور x، به همان میزان P.N برای محور y نیز انتخاب می شود.

در صورت کلیک کردن روی کلید روبروی Points، می توان تعداد P.N را برای محور y به صورت جداگانه تنظیم نمود. به صورت معمول بهتر است میزان P.N برای محور x و y برابر باشد.

توجه به این نکته ضروری است که در بخش Range & Side مقادیر بر حسب نانومتر بیان گردیده اند.

✎ **توجه:** بالا بردن تعداد Points باعث بالا رفتن حجم تصویر و سنگین شدن فایل تصویر می‌گردد. بهتر است تعداد P.N از ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ تنظیم گردد. تعداد کم‌تر از ۳۰۰ وضوح بسیار پائینی دارد و بالاتر از ۱۵۰۰ باعث کند شدن سیستم می‌گردد.

Offset X-Y: مکان تنظیم مرکز سوزن بر روی سطح نمونه بصورت پیش فرض (0-0) بر حسب nm در نظر گرفته می‌شود. در برخی مواقع در هنگام ورود به ناحیه gap، بدلیل سرعت بالا، سوزن به سطح نمونه برخورد می‌کند (touch) و باعث آسیب زدن به سطح Sample می‌گردد. برای جا به جا کردن سوزن از نقطه touch، می‌توان از این قابلیت سیستم استفاده کرد و مکان start اسکن را تغییر داد.

✎ **توجه:** بازه کلی تغییرات piezo، ۸۰۰۰ نانومتر می‌باشد و نباید بیش از نصف این مقدار piezo را در ابتدای کار جابه‌جا کرد بدین معنا که Offset x y از ±۴۰۰۰ نانومتر بیشتر نباشد (بهتر است از ±۲۰۰۰ نانومتر تجاوز نکند) و همچنین مقدار آنها باید با هم برابر باشند (بطور مثال هر دو ۵۰۰+ و یا هر دو ۱۵۰۰–) دامنه تصویر برداری نیز بسته به Offset انتخاب شده دارد بدین معنا که اگر Offset (0-0) تنظیم گردد ماکزیمم تغییرات می‌تواند ۸۰۰۰ نانومتر انتخاب گردد. در این صورت دامنه حرکت اسکن از ۴۰۰۰+ تا ۴۰۰۰– خواهد بود. معمولاً مقدار ماکزیمم برای اسکنها انتخاب نمی‌گردد و بسته به نوع کاربرد در ابعاد کوچکتری تصویر برداری انجام می‌گیرد.

توجه: در نظر داشته باشید که این مقادیر در حالت zoom انتخاب نشده است. با انتخاب گزینه zoom تمام این مقادیر x 0.1 خواهند شد. بدین معنا که ماکزیمم بازه تغییرات ۸۰۰nm خواهد بود و Offset x,y حتماً صفر و نهایتاً دامنه تغییرات ۱۰۰± انتخاب می‌گردد.

Angle: زاویه اسکن به صورت پیش فرض ۰و۹۰و۱۸۰و۹۰- تعریف شده و به ترتیب توسط هر کدام از کلیدهای روبه رو ، ، و همچنین با وارد نمودن زاویه دلخواه به واحد درجه می توانید زاویه دلخواه خود را تنظیم نمایید.

Option

در قسمت Option پارامترهای سرعت اجرای اسکن قابل تنظیم می باشند.

Speed: نشانگر سرعت حرکت سوزن بر حسب نانومتر بر ثانیه.

Line Rate: نشانگر سرعت حرکت سوزن بر حسب خط بر ثانیه است و تعداد خطوطی که در هر ثانیه سوزن طی می کند را تنظیم می نماید. با کاهش میزان Line Rate از سرعت اسکن کاسته می شود.

Sample Rate: فرکانس نمونه برداری با استفاده از این گزینه بر حسب Hz تنظیم می‌گردد که ازحدود (10–50,000Hz) قابل تنظیم است. فرکانس نمونه برداری، با توجه به سطح نمونه تنظیم می گردد. برای نمونه اگر سطح دارای پستی و بلندی‌های زیادی باشد، فرکانس نمونه برداری مقادیر بالایی تنظیم می شود تا امکان برخورد tip به سطح نمونه کاهش یابد بدین معنی که سوزن زمان لازم برای تغییر ارتفاع را خواهد داشت و امکان خرابی نمونه و سوزن بالاتر خواهد رفت به همین دلیل در تنظیمات، فرکانس ماکزیمم ٤٥٠٠ خواهد بود.

توجه: عملاً فرکانس نمونه برداری مناسب از (٦٠٠٠-٧٠٠) می‌باشد.

Repeat: این گزینه سبب تکرار نمونه برداری از هر خط در طول تصویر برداری می‌باشد. مقدار Default روی عدد ۱ تنظیم شده است. بدین معنا که سوزن در مسیر رفت یک مجموعه داده و در مسیر برگشت مجموعه دیگری را برای هر خط ذخیره می نماید. بالا بردن این مقدار باعث کاهش سرعت تصویر برداری می‌گردد.

Wait: با استفاده از این گزینه کاربر می تواند وقفه ای دلخواه در بین اسکن دو خط متوالی ایجاد نماید. گزینه Wait میزان زمان بر حسب ms است که سوزن در انتهای هر خط از اسکن می تواند توقف نماید. مقدار Default این گزینه، صفر می باشد.

مقادیر تغییرات Sample Rate، Line Rate، Speed و Points با همدیگر در ارتباط می باشند. بدین معنا که با تغییر یکی از آنها، مقادیر Sample و Speed به صورت اتوماتیک تغییر می نماید. بهتر است ابتدا مقادیر Points و سپس Line Rate تنظیم گردند.

زمان تصویر برداری با توجه به پارامترهای تنظیم شده قابل اندازه‌گیری است.

T= (Point X* Point Y * Repeat*2)/ Frequency

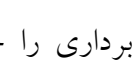
تنظیم نمایشگر

در صفحه نمایش تصویر دو پنل وجود دارد که داده های خروجی را نمایش می دهند. با انتخاب گزینه های می توان سیگنال های دلخواه (Latral, Deflection, Phase, Frequency,…) را در نمایشگر ها تنظیم نمود. نمایشگر اول در صفحه Over View نیز نمایش داده می شود.

ذخیره سازی تنظیمات

در این نرم افزار کلیه تنظیمات Scan Options و Gap و PID را می توان با نام دلخواه ذخیره نمود. بدین منظور در قسمت پایین سمت چپ پنجره اسکن با وارد نمودن نام دلخواه و کلیک روی کلید Add، می توان تنظیمات مورد نظر را ذخیره نمود. دو گزینه Default و Old_Close وجود دارندکه در گزینه Default تنظیمات پیش فرض ذخیره می گردد و در گزینه Old_Close آخرین تنظیمات اعمال شده قبل از بسته شدن نرم افزار ذخیره می گردند. در صورت انتخاب نام ذخیره شده در لیست، تنظیمات متناظر آن، به صورت اتوماتیک اعمال می گردند.

اجرای تصویربرداری

کلید  دستور شروع تصویر برداری را خواهد داد. پس از اجرای این دستور شکل آیکون به تغییر می کند. با شروع تصویر برداری تصویر حاصل بلادرنگ در پنل Overview و Scan Preview نمایش داده می شود. در پنجره Scan Preview نمودارهای Z و I فعال شده و قابل مشاهده می باشند.

کلید Browse پنجره ی انتخاب فایل را باز می نماید که کاربر می تواند نام و محل ذخیره سازی تصاویر را تعیین نماید. تصاویر ذخیره شده در فایل های spm. با نام دلخواه کاربر ذخیره می شوند. پس از ذخیره سازی اولین تصویر، تصاویر بعدی به صورت خودکار در همان پوشه و با اضافه شدن اعداد صعودی به انتهای نام

تصویر، ذخیره می شوند. البته می توان قبل از شروع هر اسکن، از طریق گزینه Browse مکان یا نام فایل تصویر بعدی را تغییر داد.

توجه: اگر قبل از شروع اسکن محل ذخیره سازی تصویر توسط کاربر مشخص نشده باشد، نرم افزار به صورت خودکار پنجره ذخیره سازی را باز می کند و کاربر به راحتی می تواند با دادن نام و مسیر مورد نظر، تصویر را ذخیره نماید.

گزینه Auto: هنگامی که کاربر مایل است اسکنها بطور متوالی انجام گردد، این گزینه را فعال می نماید.

گزینه List: هنگامی که کاربر مایل است اسکنهای متوالی را با پارامترهای متفاوت انجام دهد، از این گزینه استفاده می نماید، بدین صورت که تنظیمات دلخواه را با نام های متفاوت در لیست ذخیره می نماید و سپس گزینه List را فعال می کند. در این حالت تنظیمات ناحیه اسکن نیز بر اساس لیست تنظیمات ذخیره شده تغییر می کنند. تا زمانی که کاربر کلید را فشار ندهد تصویربرداری متوقف نخواهد شد، اگر در حین تصویربرداری متوالی پارامترها تغییر کند، تصویربرداری بعدی با پارامترهای جدید انجام خواهد شد.

توجه: در هنگام استفاده از گزینه List، تنظیمات Default و Old_Close اجرا نمی شوند.

توجه: اگر در حین تصویر برداری نیاز به قطع پروسه باشد برای جلوگیری از آسیب زدن به سطح نمونه ابتـدا با انتخاب گزینه Very Slow و انتخاب کلیـد سوزن را به بالا هدایت کنیـد سپس کلیـد را انتخاب نمایید.

پارامترهای تکرار

در این گزینه میتوان برای اسکنهای تکراری ر هر بار شرایط ویژه ای در نظر گرفت. پارامترهای کنترلی بسته به مد تصویر برداری قابل تنظیم هستند.

مراحل تصویر برداری

برای تصویربرداری SFM تماسی مراحل زیر به ترتیب اجرا گردند:

۱) پنجره دوربین را روشن کنید و با توجه به نمایشگر روی صفحه، دوربین را به گونه‌ای تنظیم کنید که همزمان سر tip و سطح نمونه قابل مشاهده باشد، بدین منظور با استفاده از کلیدهای تنظیم موقعیت دوربین، مکان بهینه تنظیم می شود. برای اطلاعات بیشتر به ٤-١-٤ مراجعه نمائید.

۲) با توجه به جنس نمونه (رسانا یا نیمه هادی بودن نمونه) Sample Bias و CSP را تنظیم نمائید.

۳) سپس سوزن را درون Gap قرار دهید. برای اطلاع از روش قرار دادن سوزن در Gap به بخش ٤-١-١ مراجعه کنید.

٤) در پنجره نمایش Overview، نماد اسکن را انتخاب نموده و اندازه و زاویه و مکان اسکن را تعیین کنید و با توجه به توضیحات بخش ٤-٤-١ تنظیمات تصویربرداری را اعمال نمائید.

۵) در پنجره Scan Option کلید Run را فشار دهید.

٦) از منحنی های I probe و Z probe تکرارپذیری و پایداری سیستم را بررسی نمائید (شکل ۵-۲۵).

۷) در صورتی که سطح دارای شیب زیادی است از Sample Adjust استفاده نمائید. (بخش ۵-۲-۳)

برای تصویربرداری ارتفاع ثابت مراحل زیر را طی نمائید:

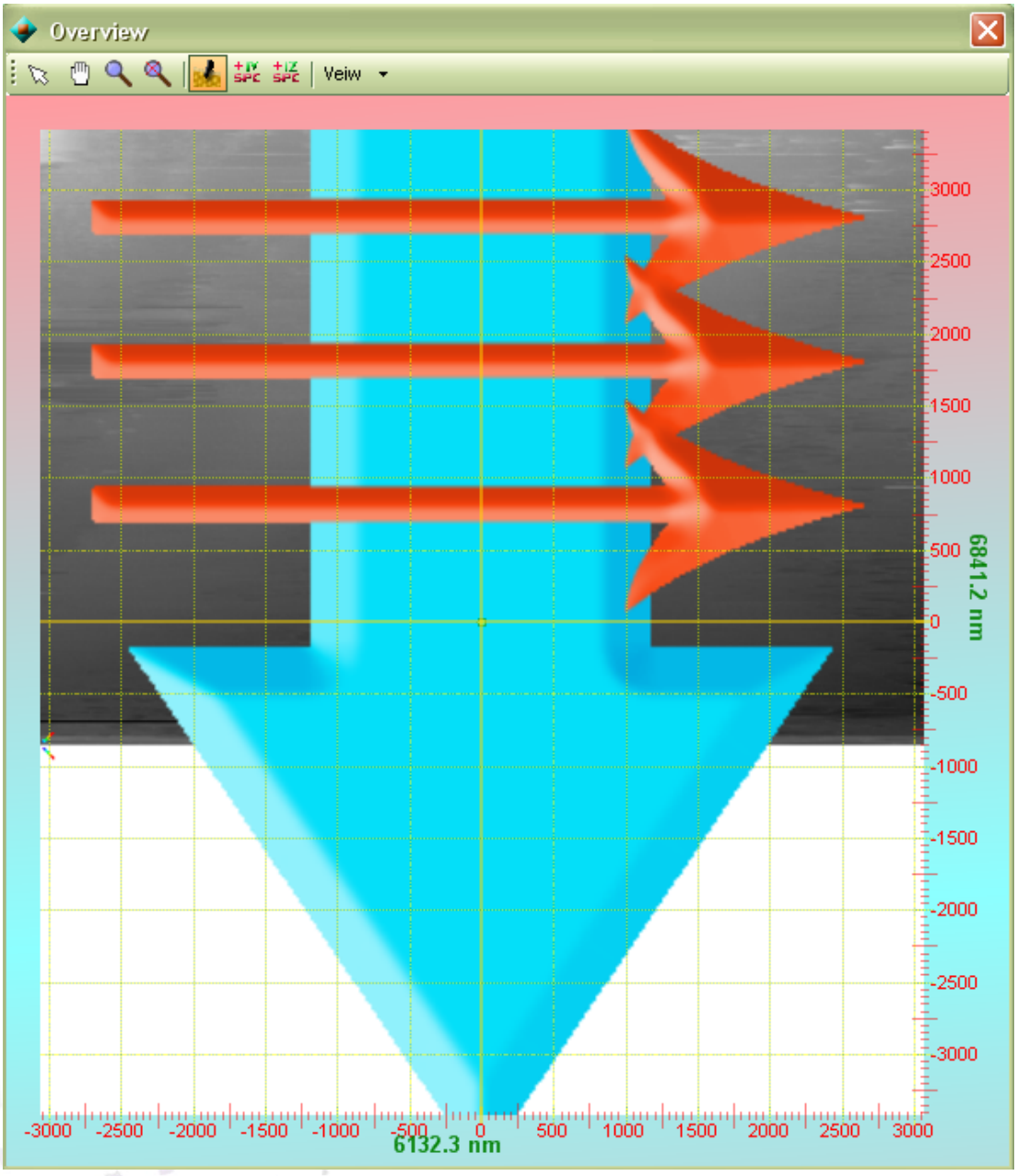
۱) کلیه مراحل فوق را انجام دهید و از هموار بودن سطح اطمینان حاصل نمائید.

۲) در این حالت بازه اسکن باید کوچک اختیار گردد و PID خاموش گردد (می توان فرکانس آن را روی 1 Hz تنظیم نمود)

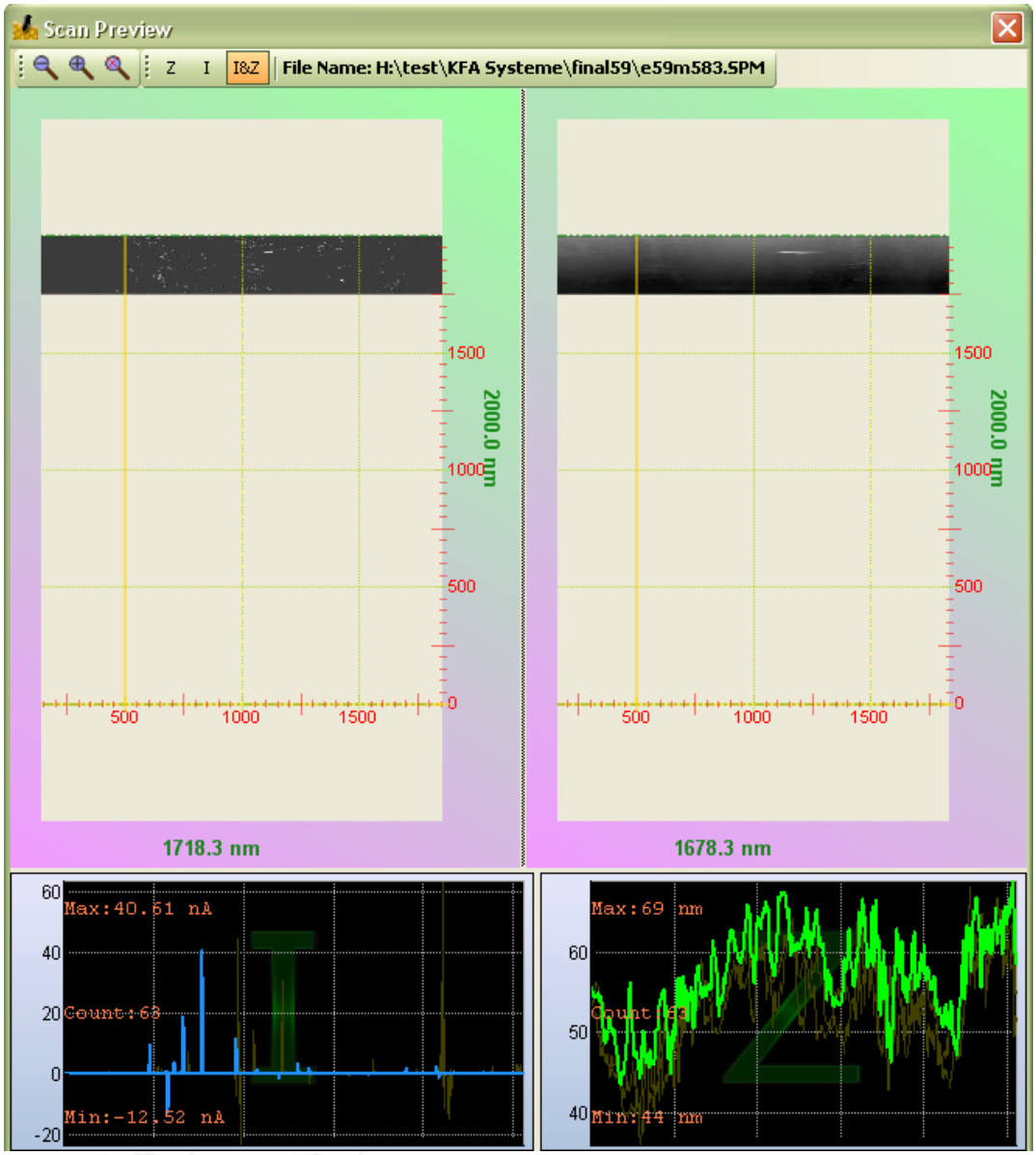
مراحل تصویر برداری **STM**

مانند فوق است .

توجه: بهتر است در ابتدا یک اسکن با بزرگترین اندازه انجام شود تا هم نمونه را بتوان تراز نمود و هم یک دید کلی نسبت به سطح نمونه پیدا نمود و سپس به دلخواه در اندازه های کوچکتر اسکن نمود.



شکل ۵-۲٤ تصویر در حال اسکن در محیط Overview



شکل ۵-۲۵ تصویر در حال اسکن در محیط پیش نمایش اسکن

توجه: درصورت برخورد با خطا های سیستمی باید برنامه کاملاً بسته شود و مجدداً اجرا گردد.

اسپکتروسکوپی

اندازه گیری اسپکتروسکوپی در پنجره نمایش اسپکتروسکوپی انجام می شود. در اندازه گیری اسپکتروسکوپی یکی از کانالهای ورودی بر اساس تابعی از یک پارامتر مدوله شده اندازه گیری می گردد. پارامتر مدوله شده می تواند فاصله از سطح نمونه یا ولتا سوزن باشد و پارامتر اندازه گیری شده می تواند هر کدام از سیگنالهای ورودی باشد. برای مثال اسپکتروسکوپی نیرو – فاصله در مد SFM نیروی ثابت یا منحنی دامنه – فاصله در SFMدینامیک یا منحنی جریان – ولتاژ در مد STM و یا منحنی جریان– فاصله در مد STM را میتوان نام برد.

دقت اسپکتروسکوپی را می توان با تکرار پروسه اسپکتروسکوپی و میانگین گیری از نمودار ها افزایش داد.

۵-٤-۲- تنظیمات اسپکتروسکوپی

در این پنجره پارامترهای اسپکتروسکوپی تنظیم می شوند. این پنجره از چهار قسمت: ۱-Spectroscopy، ۲- ذخیره سازی تنظیمات و ۳- اجرای اسپکتروسکوپی، تشکیل شده است (شکل ۵-۲۲).

شکل ۰-۲۲ صفحه تنظیمات اسپکتروسکوپی.

Spectroscopy

در قسمت Spectroscopy کلیه پارامترهای اسپکتروسکوپی تنظیم می گردند، که عبارتند از:

X و Y: پارامترهای X و Y مختصات نقطه مورد نظر جهت اسپکتروسکوپی را در سطح نمونه معین می‌کنند (مقادیر Default، (0, 0)).

From: در اسپکتروسکوپی متغیر مدوله شده در بازه معینی تغییر می کند و سیگنال متناظر آن ثبت می شود، مقادیر متغیر شروع و انتهایی در تغییرات ولتاژ سوزن، به ترتیب در پارامترهای From .... و To.... قابل تنظیم می باشند. در کنار To.... گزینه‌ای است که در صورت غیرفعال بودن آن مقدار انتهایی (To) برابر با منفی مقدار شروع (From) تنظیم می شود و اگر این گزینه فعال باشد، پارامتر...To مستقلاً قابل تنظیم می باشد.

dV/dt: در این نرم افزار قابلیت تنظیم سرعت اسپکتروسکوپی وجود دارد، پارامتر dV/dt سرعت تغییرات متغییر مدوله شده را نسبت به زمان را تعیین می نماید برای مثال اگر این پارامتر به مقدار a تنظیم شود متغییر

مدوله شده سوزن بازه تغییرات خود را با سرعتی معادل a برابر زمانی که dV/dt مقدار واحد است، طی می کند. (مقدار Default واحد است).

توجه: دزر مد STM در صورتی که مقدار dV/dt خیلی زیاد (۵۰ به بالا) تنظیم شود جریان خازنی در سوزن برقرار می شود و جریان سوزن به ماکزیمم مقدار خواهد رسید و دیگر جریان تونلی قابل تشخیص نخواهد بود.

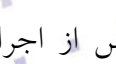
Sample: این پارامتر سرعت اسپکتروسکوپی اثرگذار است. پارامتر Samples نرخ نمونه برداری سیگنال ثبت شده در حین اسپکتروسکوپی می باشد (مقدار Default ۵۰۱ است).

Filter: سیگنال ثبت شده شامل نویز های فرکانس بالای محیطی می باشد که برای حذف آنها از فیلتر پایین گذر استفاده می گردد، پارامتر Filter فرکانس قطع فیلتر پایین گذر را بر حسب درصد تنظیم می نماید و با افزایش آن فرکانس قطع فیلتر نیز افزایش می یابد (مقدار Default ٪۲ است).

ذخیره سازی تنظیمات

در این نرم افزار کلیه تنظیمات SPC V-I Option را می توان با نام دلخواه ذخیره نمود. بدین منظور در قسمت پایین سمت چپ پنجره با وارد نمودن نام دلخواه و کلیک روی کلید Add، می توان تنظیمات مورد نظر را ذخیره نمود. دو گزینه Default و Old_Close وجود دارند که در گزینه Default تنظیمات پیش فرض ذخیره می گردد و در گزینه Old_Close آخرین تنظیمات اعمال شده قبل از بسته شدن نرم افزار ذخیره می گردند. در صورت انتخاب نام ذخیره شده در لیست، تنظیمات متناظر آن، به صورت اتوماتیک اعمال می گردند.

اجرای اسپکتروسکوپی

کلید  دستور شروع تصویر برداری را خواهد داد. پس از اجرای این دستور شکل آیکون به تغییر می کند. با شروع اسپکتروسکوپی، منحنی حاصلبه صورت بلادرنگ در پنجره Spectroscopy Preview نمایش داده می شود. برای مشاهده منحنی ها می توان از پنجره Scope نیز استفده نمود.

کلید Browse پنجره ی انتخاب فایل را باز می نماید که کاربر می تواند نام و محل ذخیره سازی تصاویر را تعیین نماید. منحنی های ذخیره شده در فایل SPC. با نام دلخواه کاربر ذخیره می شود. در هنگام

اسپکتروسکوپی های متوالی اگر نام فایل با کلید Browse تغییر نکند، منحنی ها با رنگ های مختلف در یک فایل SPC پشت سر هم ذخیره می گردد. البته می توان قبل از شروع هر اسکن، از طریق گزینه Browse مکان یا نام منحنی بعدی را تغییر داد.

توجه: اگر قبل از شروع اسپکتروسکوپی محل ذخیره سازی تصویر توسط کاربر مشخص نشده باشد، نرم افزار به صورت خودکار پنجره ذخیره سازی را باز می کند و کاربر به راحتی می تواند با دادن نام و مسیر مورد نظر، منحنی را ذخیره نماید.

گزینه Auto: هنگامی که کاربر مایل است اسپکتروسکوپی را بطور متوالی انجام گردد، این گزینه را فعال می نماید.

گزینه List: هنگامی که کاربر مایل است اسپکتروسکوپی های متوالی را با پارامترهای متفاوت انجام دهد، از این گزینه استفاده می نماید، بدین صورت که تنظیمات دلخواه را با نام های متفاوت در لیست ذخیره می نماید و سپس گزینه List را فعال می کند. در این حالت تنظیمات اسپکتروسکوپی نیز بر اساس لیست تنظیمات ذخیره شده تغییر می کنند. تا زمانی که کاربر کلید را فشار ندهد تصویربرداری متوقف نخواهد شد، اگر در حین اسپکتروسکوپی متوالی پارامترها تغییر کند، اسپکتروسکوپی بعدی با پارامترهای جدید انجام خواهد شد.

توجه: در هنگام استفاده از گزینه List، تنظیمات Default و Old_Close اجرا نمی شوند.

توجه: به منظور اسپکتروسکوپی متوالی در یک مسیر مشخص، باید مختصات نقاط مسیر مورد نظر در پارامترهای X,Y با نام های متفاوت و پشت سر هم در لیست پارامترها ذخیره می شود سپس با فعال سازی گزینه Auto و گزینه List و کلید فشار داده می شود، اسپکتروسکوپی در نقاط به صورت پشت سر هم به ترتیب انجام می شود، در این نسخه از نرم افزار، کاربر باید بعد از انجام اسپکتروسکوپی در نقطه پایانی کلید را فشار دهد. در غیر این صورت این روند از نقطه‌ی ابتدایی تکرار می‌گردد. منحنی های بدست آمده در یک فایل SPC با رنگ های مختلف ذخیره می گردند.

در مدهایی که ارتفاع تغییر می کند برای جلوگیری از صدمه دیدن سطح نمونه و سوزن حتماً Z Down به صورت دستی تنظیم شود.

برای جلوگیری از صدمه دیدن سطح نمونه و سوزن حتماً Z Down به صورت دستی تنظیم شود.

dZ/dt: در این نرم افزار قابلیت تنظیم سرعت انجام اسپکتروسکوپی وجود دارد، پارامتر dZ/dt سرعت تغییرات فاصله سوزن تا سطح نسبت به زمان را تعیین می نماید مثلاً اگر این پارامتر به مقدار a تنظیم شود فاصله سوزن، بازه تغییرات خود را با سرعتی معادل a برابر زمانی که dZ/dt مقدار واحد است طی می کند. مقدار dZ/dt محدودیتی ندارد و می تواند خیلی زیاد تنظیم شود اما جهت نمایش صحیح هنگام اسپکتروسکوپی متوالی بهتر است کمتر از ۵۰ تنظیم گردد (مقدار Default ۱۰ است)

✎ **توجه:** هرچه سرعت انجام اسپکتروسکوپی بالاتر باشد احتمال ورود نویز مکانیکی کمتر است.

مراحل انجام اسپکتروسکوپی

اسپکتروسکوپی AFM روشی برای تعیین نوع ماده با استفاده از بررسی چگالی حالت نمونه[۲] می باشد. در این سیستم تغییرات نیرو در اثر تغییرات فاصله بررسی می شود.

برای انجام اسپکتروسکوپی مراحل زیر را انجام دهید:

۱) مراحل تصویربرداری جریان ثابت انجام گیرد و یک تصویر از سطح نمونه تهیه گردد.

۲) در پنجره Overview یک نقطه دلخواه برای اسپکتروسکوپی انتخاب گردد.

۳) پارامترها را تنظیم نمایید.

٤) فرایند اسپکتروسکوپی اجرا گردد.

[۲] Density Of States -

لیتوگرافی

در میکروسکوپ های های پروب روبشی (SPM) لیتوگرافی یک پروسه اصلاح سطح نمونه به منظور ساختن طرح خاصی روی سطح نمونه با سوزن است.

در نرم افزار NAMA Scanning این پروسه در صفحه Over view انجام می شود و پارامترها در پنل Option قابل کنترل هستند.

لیتوگرافی با سطح مناسب و سوزن مناسب و پارامترهای مناسب می تواند به خوبی انجام شود.با توجه به مد سیستم، لیتوگرافی به دو صورت قابل انجام است:

۱- تغییرات مکانیکی : مد SFM نیروی ثابت (خط کشیدن و ایجاد تورفتگی) مد SFM دینامیکی (ضربه ای چکشی) که سطح و شکل سوزن و نیروی اعمالی به سوزن وابسته است.

۲- تغییرات الکتروشیمیایی وابسته به ولتاژ : در این مد نیاز به اعمال ولتاژ بین سوزن و سطح نمونه و وجود رطوبت برای فرایند اکسیداسیون است.

برای لیتوگرافی مراحل زیر باید طی شود:

۱- از سطح نمونه تصویر تهیه شود

۲- فایل مورد نظر (تصویر پیکسلی bmp. یا تصویر برداری xml.) با کلید **"Browses"** وارد سیستم گردد.

۳- محل وپارامتر ها لیتوگرافی تنظیم گردند و فرایند لیتو گرافی اجرا گردد.

٤- مجددا از سطح نمونه تصویر تهیه شود

Option for Color

برای هر رنگی که در تصویر وجود دارد می توان پارامترهای زیر را کنترل نمود:

۱- وضعیت مدار فیدبک (روشن یا خاموش) PID

۲- سرعت حرکت سوزن بر اساس ضریبی از سرعت سوزن (aSpeed)

۳- ولتاژ سوزن (SB)

٤- جریان کنترلی سوزن (CSP) نیرویی اعمابلی یا دامنه نوسان در مد دینامیکی

۵- ارتفاع سوزن در صورتی که مدار فیدبک خاموش باشد (Zout)

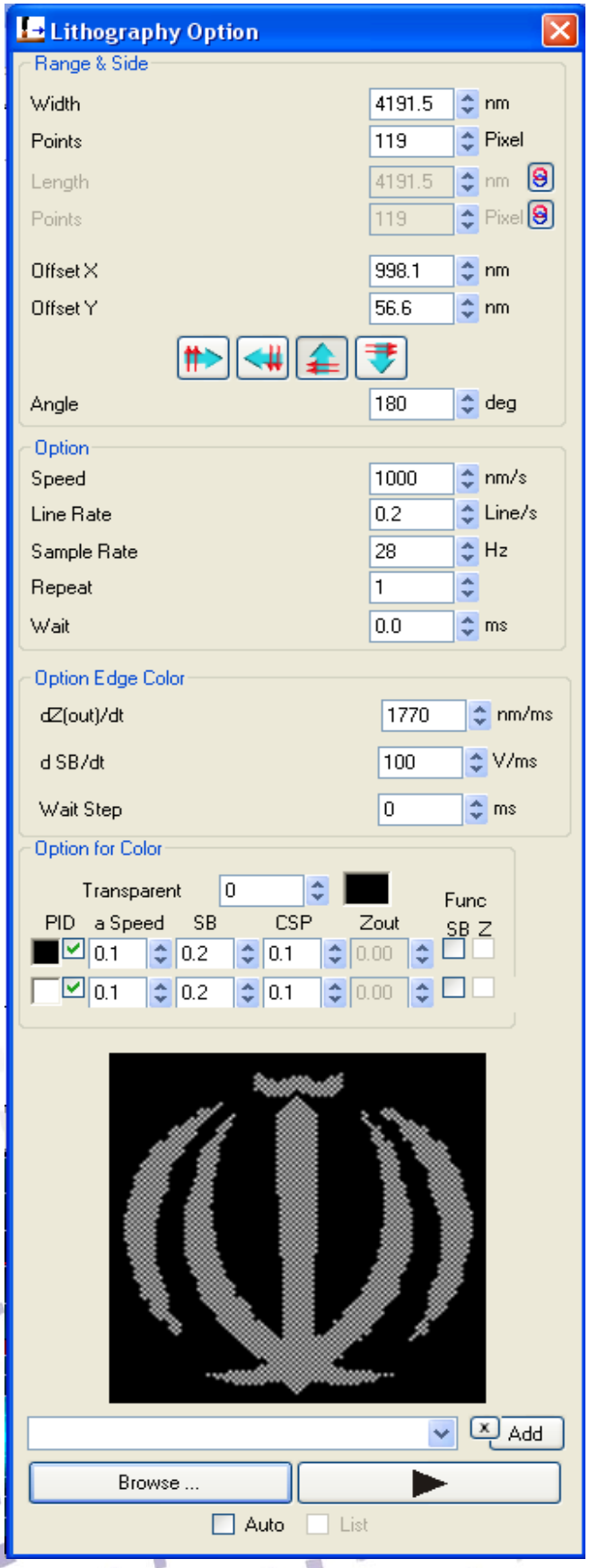
٦- گزینه های آخر به ترتیب امکان اعمال سیگنالی دلخواه را به ولتاژ یا ارتفاع سوزن (در حالت مدار فیدبک خاموش) فراهم می نمایند.

۵-٤-٤- تنظیمات لیتوگرافی

لیتوگرافی به دو روش انجام می شود. در روش اول سوزن تمام نقاط سطح تصویر مورد نظر را اسکن می کند و تنظیمات مورد نظر را در هرنقطه تصویر براساس رنگ آن نقطه اعمال می کند که به روش لیتوگرافی تصویری (Bitmap) می نامیم. در روش دوم سوزن فقط مسیر معینی که در تصویر به صورت مسیر های برداری معین شده است را می پیماید و روش سریعتری می باشد. این روش را لیتوگرافی برداری می نامیم.

۵-٤-٤-۱- تنظیمات لیتوگرافی تصویری

این پنجره از چهار قسمت ۱- Range & Side، ۲- Option، ۳- Option Edg Color ٤- Option for Color ۵-ذخیره سازی تنظیمات و اجرای لیتوگرافی تشکیل شده است.



شکل ۲۱-۰ پارامترهای اسکن

Range & Side

در قسمت Range & Side مقادیر بازه اسکن، رزولوشن آفست و زاویه اسکن تنظیم می گردند که عبارتند از:

Width: طول ناحیه اسکن را تنظیم می کند.

Length: ارتفاع ناحیه اسکن را معین می کند. به صورت پیش فرض گزینه Length غیر فعال بوده و مقداری که برای Width تنظیم شود، برای Length هم در نظر گرفته می شود. (یعنی سطح به صورت مربع در نظر گرفته می شود). با کلیک روی کلید ، گزینه Length فعال شده و می توان مقدار دلخواه را تنظیم نمود. در این حالت امکان اسکن مستطیلی وجود دارد.

Points: تعداد پیکسلهای تصویر را در راستای مورد نظر (x یا y) می‌باشد.

توجه به این نکته ضروری است که در بخش Range & Side مقادیر بر حسب نانومتر بیان گردیده اند.

✎ **توجه:** مقادیر Points قابل تغییر نیستند.

Offset X-Y: مکان تنظیم مرکز سوزن بر روی سطح نمونه بصورت پیش فرض (0-0) بر حسب nm در نظر گرفته می‌شود.

✎ **توجه:** بازه کلی تغییرات piezo، ۸۰۰۰ نانومتر می‌باشد و نباید بیش از نصف این مقدار piezo را در ابتدای کار جابه‌جا کرد بدین معنا که Offset x y از ٤۰۰۰± نانومتر بیشتر نباشد (بهتر است از ۲۰۰۰± نانومتر تجاوز نکند) و همچنین مقدار آنها باید با هم برابر باشند (بطور مثال هر دو ۵۰۰+ و یا هر دو ۱۵۰۰–) دامنه تصویر برداری نیز بسته به Offset انتخاب شده دارد بدین معنا که اگر Offset (0-0) تنظیم گردد ماکزیمم تغییرات می‌تواند ۸۰۰۰ نانومتر انتخاب گردد. در این صورت دامنه حرکت اسکن از ٤۰۰۰+ تا ٤۰۰۰– خواهد بود. معمولاً مقدار ماکزیمم برای اسکنها انتخاب نمی‌گردد و بسته به نوع کاربرد در ابعاد کوچکتری تصویر برداری انجام می‌گیرد.

✎ **توجه:** در نظر داشته باشید که این مقادیر در حالت zoom انتخاب نشده است. با انتخاب گزینه zoom تمام این مقادیر x 0.1 خواهند شد. بدین معنا که ماکزیمم بازه تغییرات ۸۰۰nm خواهد بود و Offset x,y حتماً صفر و نهایتاً دامنه تغییرات ۱۰۰± انتخاب می‌گردد.

Angle: زاویه اسکن به صورت پیش فرض ۰و۹۰و۱۸۰و۹۰- تعریف شده و به ترتیب توسط هر کدام از کلیدهای روبه رو ، ، و همچنین با وارد نمودن زاویه دلخواه به واحد درجه می توانید زاویه دلخواه خود را تنظیم نمایید.

Option

در قسمت Option پارامترهای سرعت اجرای اسکن قابل تنظیم می باشند.

Speed: نشانگر سرعت حرکت سوزن بر حسب نانومتر بر ثانیه می باشد.

Line Rate: نشانگر سرعت حرکت سوزن بر حسب خط بر ثانیه است و تعداد خطوطی که در هر ثانیه سوزن طی می کند را تنظیم می نماید. با کاهش میزان Line Rate از سرعت اسکن کاسته می شود.

Sample Rate: فرکانس نمونه برداری با استفاده از این گزینه بر حسب Hz تنظیم می‌گردد که ازحدود (10–50,000Hz) قابل تنظیم است. فرکانس نمونه برداری، با توجه به سطح نمونه تنظیم می گردد. برای نمونه اگر سطح دارای پستی و بلندی‌های زیادی باشد، فرکانس نمونه برداری مقادیر بالایی تنظیم می شود تا امکان برخورد tip به سطح نمونه کاهش یابد بدین معنی که سوزن زمان لازم برای تغییر ارتفاع را خواهد داشت و امکان خرابی نمونه و سوزن بالاتر خواهد رفت به همین دلیل در تنظیمات، فرکانس ماکزیمم ٤٥٠٠ خواهد بود.

توجه: عملاً فرکانس نمونه برداری مناسب از (٦٠٠٠-٧٠٠) می‌باشد.

Repeat: این گزینه سبب تکرار نمونه برداری از هر خط در طول تصویر برداری می‌باشد. مقدار Default روی عدد ۱ تنظیم شده است. بدین معنا که سوزن در مسیر رفت یک مجموعه داده و در مسیر برگشت مجموعه دیگری را برای هر خط ذخیره می نماید. بالا بردن این مقدار باعث کاهش سرعت تصویر برداری می‌گردد.

Wait: با استفاده از این گزینه کاربر می تواند وقفه ای دلخواه در بین اسکن دو خط متوالی ایجاد نماید. گزینه Wait میزان زمان بر حسب ms است که سوزن در انتهای هر خط از اسکن می تواند توقف نماید. مقدار Default این گزینه، صفر می باشد.

مقادیر تغییرات Sample Rate، Line Rate، Speed و Points با همدیگر در ارتباط می باشند. بدین معنا که با تغییر یکی از آنها، مقادیر Sample و Speed به صورت اتوماتیک تغییر می نماید. بهتر است ابتدا مقادیر Points و سپس Line Rate تنظیم گردند.

Option Edg Color

این پنل نحوه تغییر پارامتر ها با تغییر رنگ را تنظیم می کند.

dZ(Out)/dt: نشانگر سرعت تغییر مقدار ارتفاع سوزن بر حسب نانومتر بر ثانیه در مواقع تغییر رنگ در تصویر می باشد.

dSB/dt: نشانگر سرعت تغییر مقدار ولتاژ سوزن بر حسب ولت بر ثانیه در مواقع تغییر رنگ در تصویر می باشد.

Wait Step: نشانگر میزان وقفه در مواقع تغییر رنگ در تصویر می باشد.

ذخیره سازی تنظیمات

در این نرم افزار کلیه تنظیمات را می توان با نام دلخواه ذخیره نمود. بدین منظور در قسمت پایین سمت چپ پنجره اسکن با وارد نمودن نام دلخواه و کلیک روی کلید Add، می توان تنظیمات مورد نظر را ذخیره نمود. دو گزینه Default و Old_Close وجود دارندکه در گزینه Default تنظیمات پیش فرض ذخیره می گردد و در گزینه Old_Close آخرین تنظیمات اعمال شده قبل از بسته شدن نرم افزار ذخیره می گردند. در صورت انتخاب نام ذخیره شده در لیست، تنظیمات متناظر آن، به صورت اتوماتیک اعمال می گردند.

اجرای لیتوگرافی

کلید دستور شروع لیتوگرافی را خواهد داد. پس از اجرای این دستور شکل آیکون به تغییر می کند.

کلید Browse پنجره ی انتخاب تصویر را باز می نماید که کاربر می تواند تصاویر را تعیین نماید. تصاویر دلخواه را با فرمت bmp وارد نرم افزار نماید.

گزینه Auto: هنگامی که کاربر مایل است اسکنها بطور متوالی انجام گردد، این گزینه را فعال می نماید.

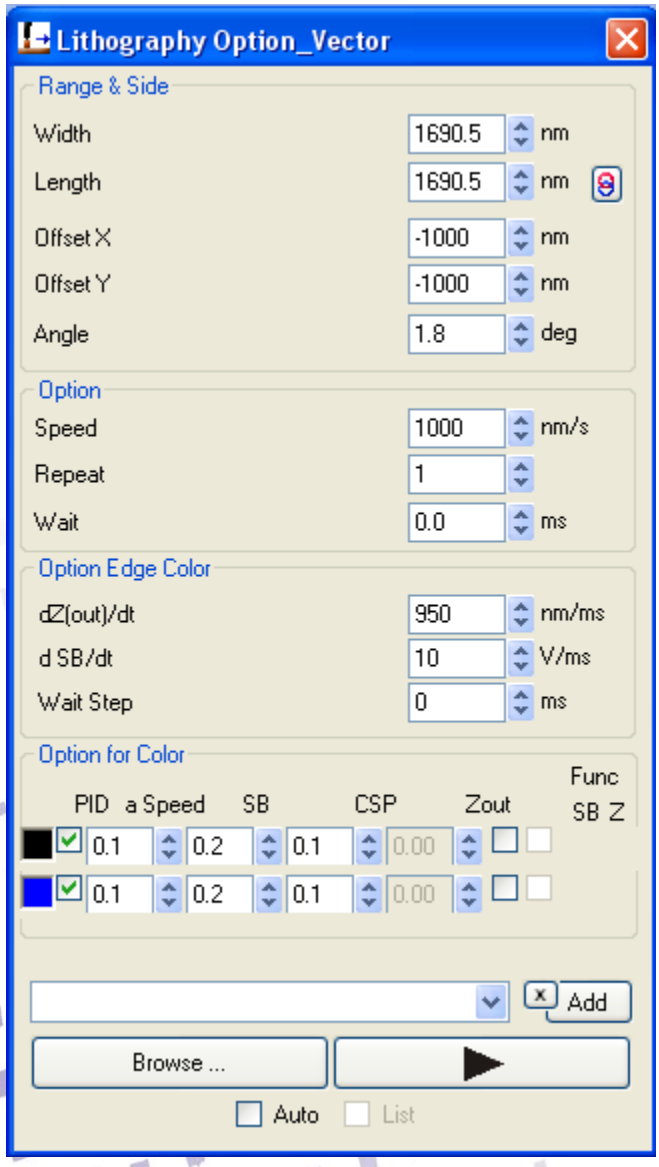
گزینه List: هنگامی که کاربر مایل است اسکنهای متوالی را با پارامترهای متفاوت انجام دهد، از این گزینه استفاده می نماید، بدین صورت که تنظیمات دلخواه را با نام های متفاوت در لیست ذخیره می نماید و سپس گزینه List را فعال می کند. در این حالت تنظیمات ناحیه اسکن نیز بر اساس لیست تنظیمات ذخیره شده تغییر می کنند. تا زمانی که کاربر کلید را فشار ندهد تصویربرداری متوقف نخواهد شد، اگر در حین تصویربرداری متوالی پارامترها تغییر کند، تصویربرداری بعدی با پارامترهای جدید انجام خواهد شد.

توجه: در هنگام استفاده از گزینه List، تنظیمات Default و Old_Close اجرا نمی شوند.

توجه: اگر در حین تصویر برداری نیاز به قطع پروسه باشد برای جلوگیری از آسیب زدن به سطح نمونه ابتـدا با انتخاب گزینه Very Slow و انتخاب کلیـد سوزن را به بالا هدایت کنیـد سپس کلیـد را انتخاب نمایید.

۵-٤-٤-۱- تنظیمات لیتوگرافی پرداری

این پنجره از چهار قسمت ۱- Range & Side، ۲- Option، ۳- Option Edg Color ٤- Option for Color ۵-ذخیره سازی تنظیمات و اجرای لیتوگرافی تشکیل شده است.



شکل ۰-۲۱ پارامترهای اسکن

Range & Side

در قسمت Range & Side مقادیر بازه اسکن، رزولوشن آفست و زاویه اسکن تنظیم می گردند که عبارتند از:

Width: طول ناحیه اسکن را تنظیم می کند.

Length: ارتفاع ناحیه اسکن را معین می کند. به صورت پیش فرض گزینه Length غیر فعال بوده و مقداری که برای Width تنظیم شود، برای Length هم در نظر گرفته می شود. (یعنی سطح به صورت مربع در نظر گرفته می شود). با کلیک روی کلید ، گزینه Length فعال شده و می توان مقدار دلخواه را تنظیم نمود. در این حالت امکان اسکن مستطیلی وجود دارد.

Offset X-Y: مکان تنظیم مرکز سوزن بر روی سطح نمونه بصورت پیش فرض (0-0) بر حسب nm در نظر گرفته می‌شود.

✎ **توجه:** بازه کلی تغییرات piezo، ۸۰۰۰ نانومتر می‌باشد و نباید بیش از نصف این مقدار piezo را در ابتدای کار جابه‌جا کرد بدین معنا که Offset x y از ٤۰۰۰± نانومتر بیشتر نباشد (بهتر است از ۲۰۰۰± نانومتر تجاوز نکند) و همچنین مقدار آنها باید با هم برابر باشند (بطور مثال هر دو ۵۰۰+ و یا هر دو ۱۵۰۰–) دامنه تصویر برداری نیز بسته به Offset انتخاب شده دارد بدین معنا که اگر Offset (0-0) تنظیم گردد ماکزیمم تغییرات می‌تواند ۸۰۰۰ نانومتر انتخاب گردد. در این صورت دامنه حرکت اسکن از ٤۰۰۰+ تا ٤۰۰۰– خواهد بود. معمولاً مقدار ماکزیمم برای اسکنها انتخاب نمی‌گردد و بسته به نوع کاربرد در ابعاد کوچکتری تصویر برداری انجام می‌گیرد.

✎ **توجه:** در نظر داشته باشید که این مقادیر در حالت zoom انتخاب نشده است. با انتخاب گزینه zoom تمام این مقادیر x 0.1 خواهند شد. بدین معنا که ماکزیمم بازه تغییرات ۸۰۰nm خواهد بود و Offset x,y حتماً صفر و نهایتاً دامنه تغییرات ۱۰۰± انتخاب می‌گردد.

Angle: زاویه اسکن به صورت پیش فرض ۰و۹۰و۱۸۰و۹۰– تعریف شده و به ترتیب توسط هر کدام از کلیدهای روبه رو ، ، و همچنین با وارد نمودن زاویه دلخواه به واحد درجه می توانید زاویه دلخواه خود را تنظیم نمایید.

Option

در قسمت Option پارامترهای سرعت اجرای اسکن قابل تنظیم می باشند.

Speed: نشانگر سرعت حرکت سوزن بر حسب نانومتر بر ثانیه می باشد.

Repeat: این گزینه سبب تکرار نمونه برداری از هر خط در طول اسکن می‌باشد. مقدار Default روی عدد ۱ تنظیم شده است. بدین معنا که سوزن در مسیر رفت یک مجموعه داده و در مسیر برگشت مجموعه دیگری را برای هر خط ذخیره می نماید. بالا بردن این مقدار باعث کاهش سرعت اسکن می‌گردد.

Wait: با استفاده از این گزینه کاربر می تواند وقفه ای دلخواه در بین اسکن دو خط متوالی ایجاد نماید. گزینه Wait میزان زمان بر حسب ms است که سوزن در انتهای هر خط از اسکن می تواند توقف نماید. مقدار Default این گزینه، صفر می باشد.

Option Edg Color

dZ(Out)/dt: نشانگر سرعت تغییر مقدار ارتفاع سوزن بر حسب نانومتر بر ثانیه در مواقع تغییر رنگ در تصویر می باشد.

dSB/dt: نشانگر سرعت تغییر مقدار ولتاژ سوزن بر حسب ولت بر ثانیه در مواقع تغییر رنگ در تصویر می باشد.

Wait Step: نشانگر میزان وقفه در مواقع تغییر رنگ در تصویر می باشد.

ذخیره سازی تنظیمات

در این نرم افزار کلیه تنظیمات را می توان با نام دلخواه ذخیره نمود. بدین منظور در قسمت پایین سمت چپ پنجره اسکن با وارد نمودن نام دلخواه و کلیک روی کلید Add، می توان تنظیمات مورد نظر را ذخیره نمود. دو گزینه Default و Old_Close وجود دارندکه در گزینه Default تنظیمات پیش فرض ذخیره می گردد و در گزینه Old_Close آخرین تنظیمات اعمال شده قبل از بسته شدن نرم افزار ذخیره می گردند. در صورت انتخاب نام ذخیره شده در لیست، تنظیمات متناظر آن، به صورت اتوماتیک اعمال می گردند.

اجرای لیتوگرافی

کلید دستور شروع لیتوگرافی را خواهد داد. پس از اجرای این دستور شکل آیکون به تغییر می کند.

کلید Browse پنجره ی انتخاب تصویر را باز می نماید که کاربر می تواند تصاویر را تعیین نماید. تصاویر دلخواه را با فرمت xml وارد نرم افزار نماید.

گزینه Auto: هنگامی که کاربر مایل است اسکنها بطور متوالی انجام گردد، این گزینه را فعال می نماید.

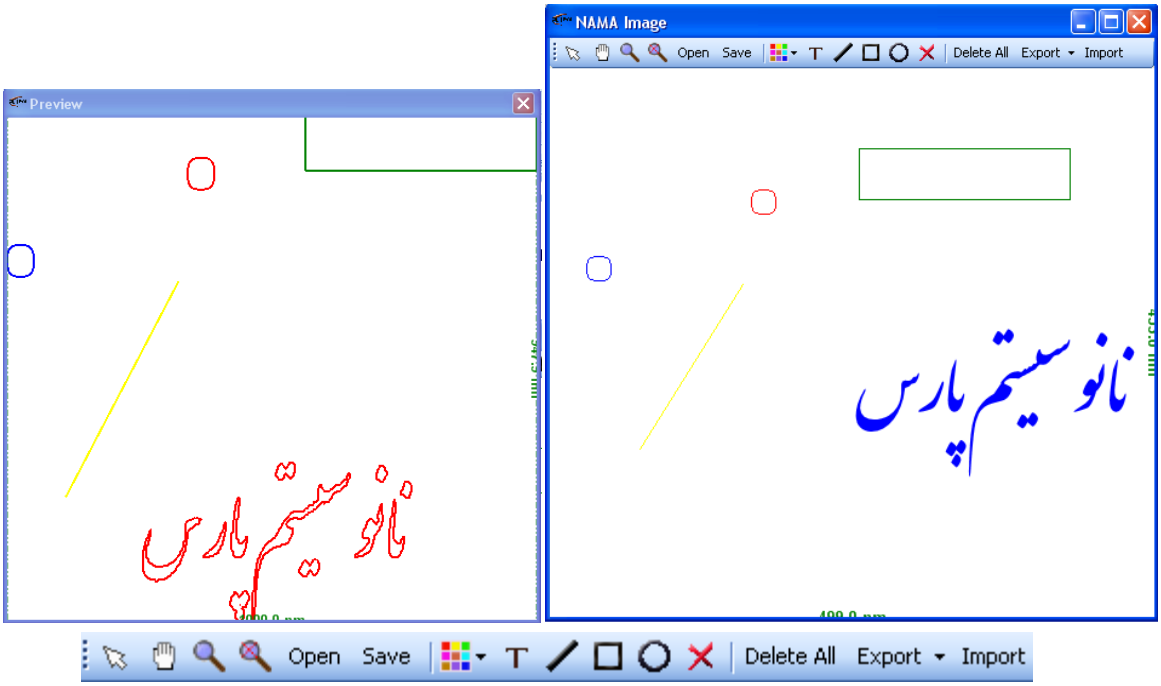
گزینه List: هنگامی که کاربر مایل است اسکنهای متوالی را با پارامترهای متفاوت انجام دهد، از این گزینه استفاده می نماید، بدین صورت که تنظیمات دلخواه را با نام های متفاوت در لیست ذخیره می نماید و سپس گزینه List را فعال می کند. در این حالت تنظیمات ناحیه اسکن نیز بر اساس لیست تنظیمات ذخیره شده تغییر می کنند. تا زمانی که کاربر کلید را فشار ندهد تصویربرداری متوقف نخواهد شد، اگر در حین تصویربرداری متوالی پارامترها تغییر کند، تصویربرداری بعدی با پارامترهای جدید انجام خواهد شد.

توجه: در هنگام استفاده از گزینه List، تنظیمات Default و Old_Close اجرا نمی شوند.

توجه: اگر در حین تصویر برداری نیاز به قطع پروسه باشد برای جلوگیری از آسیب زدن به سطح نمونه ابتـدا با انتخاب گزینه Very Slow و انتخاب کلیـد سوزن را به بالا هدایت کنیـد سپس کلیـد را انتخاب نمایید.

نرم افزار NAMA Image

نرم افزار NAMA Image یک نرم افزار CAD است که ابزاری برای لیتوگرافی تهیه می کند. این نرم افزار اماکن ایجاد اشکال مختلف مانند خط ، دایره ، متن، ... را فراهم میکند. و این اشکال را به بردار هایی برای لیتوگرافی تبدیل مینماید.



نوار ابزار این نرم افزار شامل ابزار زیر است:

: فعال سازی ماوس

: فعالسازی جابجایی ماوس

: فعالسازی گزینه بزرگنمایی

: حذف بزرگنمایی ها

Open: باز نمودن فایل

Save: ذخیره فایل مورد نظر

: **باز کردن پنجره رنگ و انتخاب رنگ دلخواه**

: اضافه نمودن متن دلخواه به تصویر

: اضافه نمودن خطی دلخواه به تصویر

: اضافه نمودن مستطیل دلخواه به تصویر

: اضافه نمودن دایره دلخواه به تصویر

: حذف شی انتخاب شده از تصویر

Export: ارسال فایل به خارج از نرم افزار

Import: وارد کردن فایل به نرم افزار

وقتی فایل خاصی Export شود در صورت تائیید کاربر ذخیره می گردد.

مراحل لیتوگرافی

لیتوگرافی روشی برای اعمال تغییرات دلخواه بر روی سطح نمونه می باشد. در این سیستم به سه روش لیتوگرافی تصویری (مانند پرینت لیزری)، لیتوگرافی برداری و لیتوگرافی دستی امکان لیتوگرافی وجود دارد. توصیه می شود به منظور عدم آسیب به سیستم قبل از استفاده از فرایند لیتوگرافی از جزئیات نرم افزار هم آگاهی داشته باشید.

مراحل انجام لیتوگرافی تصویری

فرایند لیتوگرافی تصویری مانند پرینتر های لیزری می باشد. سوزن تمام فضای تصویر را اسکن می کند و در هر رنگ شرایط قابل تنظیمی را اعمال می نماید.

تهیه تصویردلخواه

- ✓ برای آماده سازی تصویر دلخواه می توانید از محیط مختلف مانند Paint در محیط ویندوز استفاده نمایید. در طول تهیه تصویر به نکات زیر توجه نمایید:
- ✓ ابعاد تصویر را کوچک (کمتر از ۱۰۰* ۱۰۰ پیکسل) انتخاب نمایید
- ✓ تعداد رنگ های تصویر را محدود نمایید(این نرم افزار تا تصاویر ۱۶ رنگ را پشتیبانی میکند). بهتر است از فرمت Monocorome Bitmab استفاده نمایید.
- ✓ اشکال را با فاصله و مرتب طراحی نمایید.

در ابتدا از سطح نمونه بر اساس بخش ۵-۵ فرایند تصویر برداری انجام شود. محل مورد نظر جهت انجام لیتوگرافی را در صفحه Overview تعیین نماید و تصویر را در محل دلخواه قرار دهید. تنظمات هر رنگ را تنظیم نمایید (تنظیمات رنگ زمینه تصویر را همان تنظیمات تصویر برداری وارد نمایید)، پارامترهای سرعت، تاخیر و ... بر اساس پروتکل دلخواه خود (بسته به جنس نمونه و سوزن و یا شرایط آزمایشگاهی مورد نظر) تنظیم نمایید.

با فشار دادن کلید ▶ لیتوگرافی شروع می شود. در صفحه Overview و صفحه Scope می توان وضعیت سوزن و سیستم را دنبال نمود.

مراحل انجام لیتوگرافی برداری

فرایند لیتوگرافی برداری مانند نقاشی با یک قلم روی صفحه می باشد. سوزن فقط نقاط طرح مورد نظر اسکن می کند و در هر رنگ دلخواه شرایط قابل تنظیمی را اعمال می نماید.

تهیه تصویردلخواه

- ✓ برای آماده سازی تصویر دلخواه می توانید از محیط NAMA Image در استفاده نماید. این محیط شبیه به محیط Paint است.
- ✓ اشکال را با فاصله و مرتب طراحی نمایید.

در ابتدا از سطح نمونه بر اساس بخش ۵-۵ فرایند تصویر برداری انجام شود. محل مورد نظر جهت انجام لیتوگرافی را در صفحه Overview تعیین نماید و تصویر را در محل دلخواه قرار دهید. تنظمات هر رنگ را تنظیم نمایید (تنظیمات رنگ زمینه تصویر را همان تنظیمات تصویر برداری وارد نمایید)، پارامترهای سرعت، تاخیر و ... بر اساس پروتکل دلخواه خود (بسته به جنس نمونه و سوزن و یا شرایط آزمایشگاهی مورد نظر) تنظیم نمایید.

با فشار دادن کلید ▶ لیتوگرافی شروع می شود. در صفحه Overview و صفحه Scope می توان وضعیت سوزن و سیستم را دنبال نمود.

مراحل انجام لیتوگرافی دستی

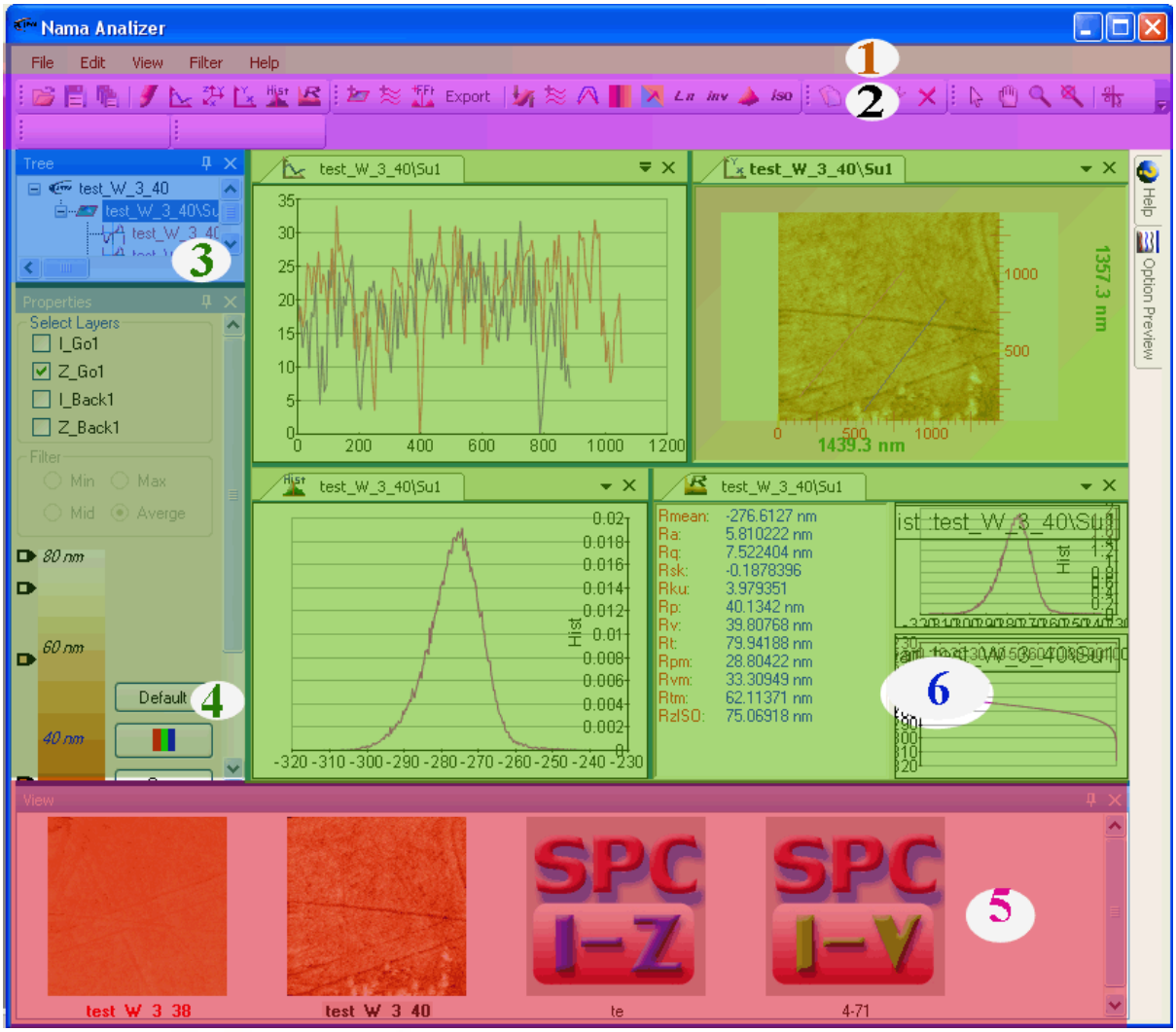
پارامترهای دلخواه را با استفاده از پنل Manual تنظیم نمایید و با سوزن را در پنل Overview جابجا نمایید.

نرم افزار آنالیز

نرم افزار آنالیز برای تحلیل نتایج استفاده می شود. برای وارد شدن به محیط آنالیز، در صفحه Desktop روی آیکون مربوطه (شکل زیر) دو بار کلیک نمود.

Nama Analizer

شکل ۰-۱ آیکون محیط آنالیز



شکل ۰-۲ صفحه کار آنالیز

محیط نرم افزار شامل شش قسمت می شود که به ترتیب عبارتند از: ۱- نوار ابزار اصلی ۲- نوار ابزارهای کنترلی، ۳- پنجره نمایش درختی فایل، ٤- نمایش ویژگی های هر فایل ٥- صفحه نمایشگر لیست تصاویر و منحنی ها ٦-محیط کار نرم افزار (شکل ٦-۲).

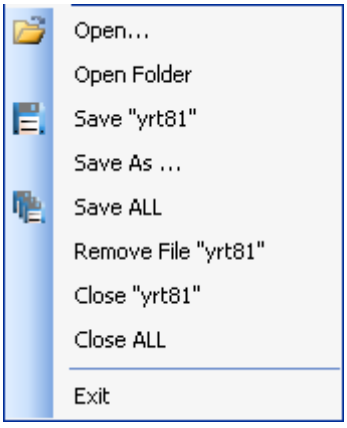
توجه: برای فعاسازی همزمان نرم افزارهای اسکن و آنالیز، بهتر است نرم افزار اسکن را در حالت نمایش مینیمم قرار دهید.

نوار ابزار اصلی

این نوار ابزار دارای بیشتر ابزار ها، کنترل نمایش صفحه ها و ابزار Help می باشد. نوار ابزار نرم افزار اسکن شامل گزینه های: File، Edit، View، Filter و Help می باشد.

File

گزینه File برای مدیریت فایل ها استفاده می شود



گزینه File شامل زیر شاخه های زیر می باشد:

- Open: باز کردن مسیر انتخاب فایل برای باز نمودن در سیستم
- Open Folder: باز کردن گروهی فایل ها
- Save ....: ذخیره سازی تغییرات یک فایل
- Save as: ذخیره سازی تغییرات یک فایل با نام یا محل متفاوت
- Save ALL: ذخیره سازی تغییرات کلیه فایلهای باز شده در نرم افزار
- Remove ...: حذف یک فایل مورد نظر از حافظه
- Close ...: بستن یک فایل در نرم افزار
- Close ALL: بستن کلیه فایلهای باز شده در نرم افزار
- Exit: خارج شدن از نرم افزار

توجه: در حین استفاده از گزینه Removeدقت شود که داده ها از بین می روند.

گزینه Edit

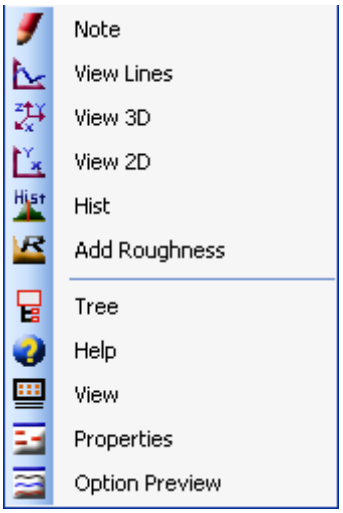
این گزینه برای اعمال تغییرات روی یک فایل استفاده می شود.

گزینه Edit شامل زیر شاخه های زیر می باشد:

- Cope: کپی کردن یک زیرمجموعه از فایل
- Paste: دریافت کردن یک زیرمجموعه از فایل دیگر
- Cut: جابجا کردن یک زیرمجموعه از فایل
- Delete: حذف کردن یک زیرمجموعه از فایل

گزینه View

این گزینه برای باز کردن کلیه پنجره ها در محیط نرم افزار استفاده می شود.

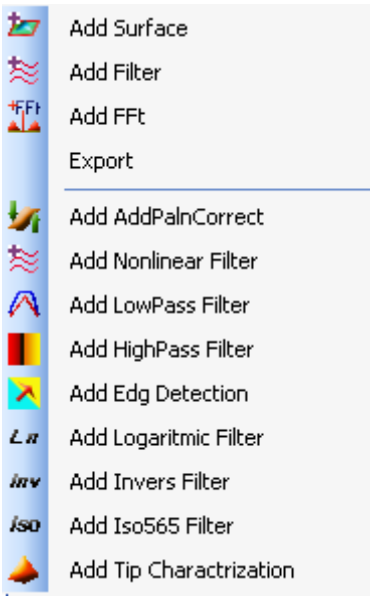


گزینه View شامل زیر شاخه های زیر می باشد و هرکدام که انتخاب شوند پنجره مربوطه باز می گردد:

- Note: نمایش صفحه متنی
- View Lines: نمایش صفحه نمایش Line
- Veiw 3D: نمایش صفحه نمایش 3D
- View 2D: نمایش صفحه نمایش 2D
- Hist: نمایش هیستوگرام
- Roughness: نمایش پارامترهای زبری سطح
- Tree: نمایش پنجره **Tree**
- Help: نمایش پنجره **Help**

- View: نمایش پنجره **View File**
- Properties: نمایش پنجره **Preoperties**
- Option Preview: نمایش پنجره **Option Preview**

گزینه Filter

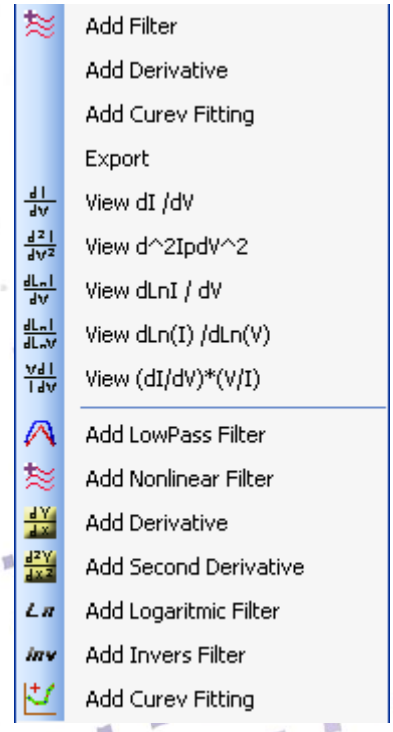


گزینه Filter شامل زیر شاخه های زیر می باشد:

- Add Surface این کلید یک کپی از ایتم انتخاب شده در Tree را ایجاد می کند.
- Add Filter این کلید پنجره **Add Filter** را باز می کند.
- Add FFt این کلید FFTجدیدی را از ایتم انتخاب شده در Tree را ایجاد می کند.
- Export: این کلید پنجره **Export** را برای فایل انتخاب شده باز می کند.
- Add Plane correct این کلید فیلتر **Plan Correction** (تصحیح سطح) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Nonlinear Filter: این کلید فیلتر **Nonlinear**(فیلتر غیر خطی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند
- Add Low Pass Filter این کلید فیلتر **Low Pass** (فیلتر هموار کننده) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

- Add High Pass Filter این کلید فیلتر **High Pass** (فیلتر بالا گذر) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Edge Detection Filter این کلید فیلتر **Edge Detection** (فیلتر لبه یاب) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Logarithmic Filter این کلید فیلتر **Logarithmic**(لگاریتمی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند
- Add Inverse Filter این کلید فیلتر **Inverse** (معکوس) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Iso565 Filter این کلید فیلتر **Iso565** (حذف نویز ها براساس آستاندارد ISO 565 برای سنجش زبری سطح) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Tip Characterization Filter این کلید پنجره **Tip Characterization** را باز می کند.

اگر فایل SPC Line اتخاب شده باشد منوی Filter به شکل زیر خواهد بود:



گزینه Filter شامل زیر شاخه های زیر می باشد:

- Add Filter این کلید پنجره **Add Filter** را باز می کند.
- Add Derivative **Tree** این کلید نمایش دیگر منحنی‌های I-V را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Curve Fitting این کلید فیلتر **Curve Fitting**(تخمین منحنی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Export این کلید پنجره **Export** را برای فایل انتخاب شده باز می کند.
- Add Low Pass Filter این کلید فیلتر **Low Pass** (فیلتر هموار کننده) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Nonlinear Filter این کلید فیلتر **Nonlinear**(فیلتر غیر خطی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add High Pass Filter
- Add Derivative Filter این کلید فیلتر **Derivative**(مشتق اول) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Second Derivative Filter این کلید فیلتر **Second Derivative** (مشتق دوم) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند
- Add Logarithmic Filter این کلید فیلتر **Logarithmic**(لگاریتمی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.
- Add Inverse Filter این کلید فیلتر **Inverse** (معکوس) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

گزینه Help

گزینه Help شامل زیر شاخه های زیر می باشد:

- Contents

مفاهیم کلی در رابطه با سیستم و نرم افزار در فایل Help در این بخش قابل مشاهده می باشند و با کلیک روی هر گزینه می توان اطلاعات راجع به آن را مطالعه نمود.

- Index

با انتخاب این گزینه، فهرست help نمایش داده می شود.

- Search

با استفاده از این گزینه، کاربر می تواند موضوع مورد نظر خود را در Help جستجو نماید.

- About

اطلاعات کلی در رابطه با سیستم و نرم افزار به منظور آشنایی کاربر در این بخش بیان گردیده است.

(شکل ٥-٤)

شکل ٥-٤ صفحه About

- Start Up

این بخش شامل صفحه Start Up است که در حین راه اندازی نرم افزار مشاهده می شود. در این بخش کاربر می تواند با تیک کردن گزینه "Don't Show again"، صفحه اول را حذف و یا مجددا" فعال سازد.

شکل ۵-۵ صفحه Start Up

نوار ابزارهای کنترلی

نوار ابزارهای کنترلی کلید ها و ابزار مورد نیاز عمده را شامل می شوند و به سه دسته: ابزار های فایلی، ابزار نمایش تصویر و ابزار نمایش اسپکتروسکوپی تقسیم می شوند:

ابزارهای فایلی عبارتند از:

: برای باز کردن تصویر جدید بکار می رود.

: این کلید برای ذخیره کردن تغییرات اعمال شده در تصویر مورد نظر مورد استفاده قرار می گیرد.

: امکان ذخیره کردن کلیه تصاویر را فراهم می کند.

: نمایش صفحه متنی

: نمایش صفحه نمایش 2D

: نمایش صفحه نمایش Line

: نمایش صفحه نمایش 3D

: نمایش هیستوگرام

: نمایش پارامترهای زبری سطح

نوار ابزار آیتمی

: کپی ایتم انتخاب شده در Tree

دریافت ایتم انتخاب شده و کپی یا برش شده در Tree

برش ایتم انتخاب شده در Tree

حذف ایتم انتخاب شده در Tree

نواار ابزار ابزاری

نوار ابزار تحلیل و فیلتر تصاویر عبارتند از:

این کلید یک کپی از ایتم انتخاب شده در Tree را ایجاد می کند.

این کلید پنجره **Add Filter** را باز می کند.

این کلید FFTجدیدی را از ایتم انتخاب شده در Tree را ایجاد می کند.

Export: این کلید پنجره **Export** را برای فایل انتخاب شده باز می کند.

این کلید فیلتر **Plan Correction** (تصحیح سطح) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Nonlinear**(فیلتر غیر خطی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Low Pass** (فیلتر هموار کننده) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **High Pass** (فیلتر بالا گذر) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Edge Detection** (فیلتر لبه یاب) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Logarithmic**(لگاریتمی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Inverse** (معکوس) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Iso565** (حذف نویز ها براساس آستاندارد ISO 565 برای سنجش زبری سطح) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید پنجره **Tip Characterization** را باز می کند.

نوار ابزار رنگ آمیزی

ابزار رنگ آمیزی در تغییر رنگ تصاویر دو بعدی و سه بعدی صورت دلخواه کاربر کاربرد دارند.

این کلید هموار کننده توزیع رنگ را فعال /غیر فعال می کند

این کلید رنگ پیش فرض نرم افزار را تنظیم می نماید.

: این کلید علام تای بیشتری را روی نوار رنگی قرار می دهد

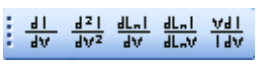
لیستی از رنگهای تعریف شده را برای کاربر فراهم می نماید.

رنگها را بصورت مقطع درآورده و خاصیت همواری رنگها را از حذف مینماید

کلید Invers کلیه رنگهای نوار ابزار را معکوس می نماید.

این کلید رنگ خاکستری را تنظیم می نماید.

نوار ابزار اسپکتروسکوپی



نوار ابزار اسپکتروسکوپی عبارتند از:

I-V : این کلید فیلتر نمایش منحنی‌های I-Vرا به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

$\frac{dI}{dV}$: این کلید فیلتر نمایش منحنی‌های dI/dV-Vرا به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

$\frac{d^2I}{dV^2}$ این کلید فیلتر نمایش منحنی‌های d^2I/dV^2-V را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

$\frac{dlnI}{dV}$: این کلید فیلتر نمایش منحنی‌های dLnI/dV-V را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

$\frac{dlnI}{dlnV}$: این کلید فیلتر نمایش منحنی‌های dLnI/dLnV-V را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

$\frac{V}{I}\frac{dI}{dV}$: این کلید فیلتر نمایش منحنی‌های VdI/IdV-V را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

نوار ابزار خط

نوار ابزار تحلیل و فیلتر منحنی ها عبارتند از:

این کلید فیلتر **Low Pass** (فیلتر هموار کننده) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Nonlinear**(فیلتر غیر خطی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Derivative**(مشتق اول) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Second Derivative** (مشتق دوم) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Logarithmic**(لگاریتمی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Inverse** (معکوس) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

این کلید فیلتر **Curve Fitting**(تخمین منحنی) را به Tree ایتم انتخاب شده اضافه می کند.

نوار ابزار دوبعدی

این نوار ابزار در پنجره نمایش دوبعدی استفاده می شود و در بخش نمایش دو بعدی توضیح داده شده است.

نوار ابزار سه بعدی

این نوار ابزار در پنجره نمایش سه بعدی استفاده می شود و در بخش نمایش سه بعدی توضیح داده شده است.

نوار ابزار یک بعدی خط

این نوار ابزار در پنجره نمایش یک بعدی استفاده می شود و در بخش نمایش یک بعدی خط توضیح داده شده است.

نوار ابزار Note

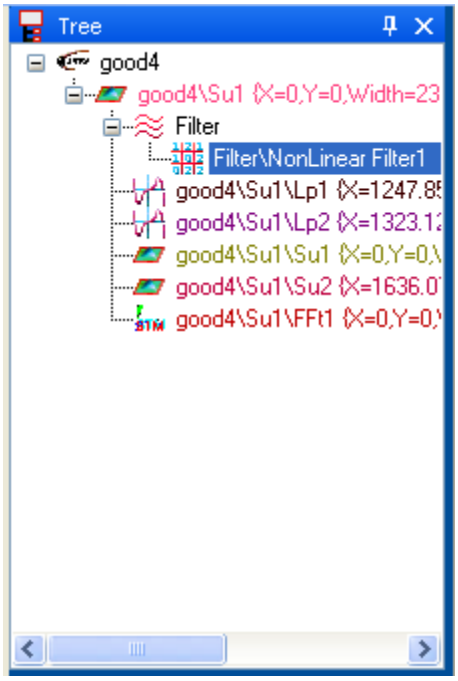
این نوار ابزار در پنجره نمایش Note استفاده می شود و در بخش نمایش Note توضیح داده شده است.

Tree

پنجره **Tree** نمایشگر ساختار فایل انتخاب شده است. هر فایل که در نرم افزار باز شده است دارای یک درخت از اعضا است. اگر کاربر آیتمی را در فایل حذف یا اضافه نماید در **Tree** قرار می گیرد و کاربر می تواند هر ایتم را انتخاب نموده و تنظیمات آن را تغییر دهد.

آیتم ها در **Tree**عبارتند از:

- Corp
- Line profile
- FFT
- Copy
- Filters
- Curve Fitting
- ....



موقعی که کاربر هر ایتمی را در درخت انتخاب نمایید پنل تظیمات آن در پنجره **Property** باز خواهد شد.

پنجره ویژگی هاPropertiesها

این پنجره ویژگی های کنترل کننده هر آیتمی را که از درخت فایل فعال شده انتخاب گردیده است را نمایش می دهد.

اگر آیتم انتخاب شده یک فیلتر باشد؛ پنجره فیلتر مربوطه نمایش داده می شود.

اگر آیتم انتخاب شده یک تصویر باشد؛ نوار ابزار رنگ مربوطه نمایش داده می شود.

اگر آیتم انتخاب شده فایل اصلی داده باشد علاوه بر نوار ابزار رنگ فیلتر **Kind of Data** نیز نمایش داده خواهد شد.

اگر آیتم انتخاب شده یک منحنی اسپکتروسکوپی باشد؛ پنجره مربوط به نمایش خط مربوطه نمایش داده می شود.

اگر آیتم انتخاب شده یک خط باشد؛ نوار ابزار رنگ خط های مربوطه را نمایش داده می شود.

اگر آیتم انتخاب شده یک مجموعه از خطوط باشد؛ نوار ابزار رنگ خط ها ی مربوطه را نمایش داده می شود.

پنجره نمایش فایلها File list panel

تمامی فایلهایی (تصویر/ اسپکتروسکوپی) که در نرم افزار باز شده اند در این پنجره لیست می گردند. هرفایلی که در این پنجره انتخاب می گردد به صورت فایل فعال قرار می گیرد و در پنجره درختی ، درخت فیال انتخاب شده نمایش داده می شود.

برای استفاده از ابزار کنترلی، رنگ آمیزی و فیلتر نمودن، ابتدا باید فایل مورد نظر در این پنجره انتخاب شود و سپس ابزار مورد نظر اعمال گردد. قابلیت انتخاب چندین فایل با ماوس وجود دارد. می توان نحوه نمایش فایل در این پنجره را با راست کلیک و انتخاب یکی از گزینه ها تغییر داد.

محیط کار نرم افزار

تمامی پنجره ها در محیط نرم افزار باز می شوند و کاربر می توان پنجره ها را به صورت دلخواه مرتب نماید.

پنجره Option Preview

این پنجره ویژگی ها آیتم انتخاب شده در درخت را نشان می دهد و ویژگی هایی مانند پارامترهای زبری؛ خصویصیات فیلترها را نشان می دهد.

پنجره راهنمای Help

این پنجره راهنمای همزمان سیستم را برای هر قسمستی که ماوس عبور نماید نشان می دهد

پنجره های نمایش

کلیه پنجره هایی که در نرم افزار NAMA Analysis باز می گردند عبارتند از:

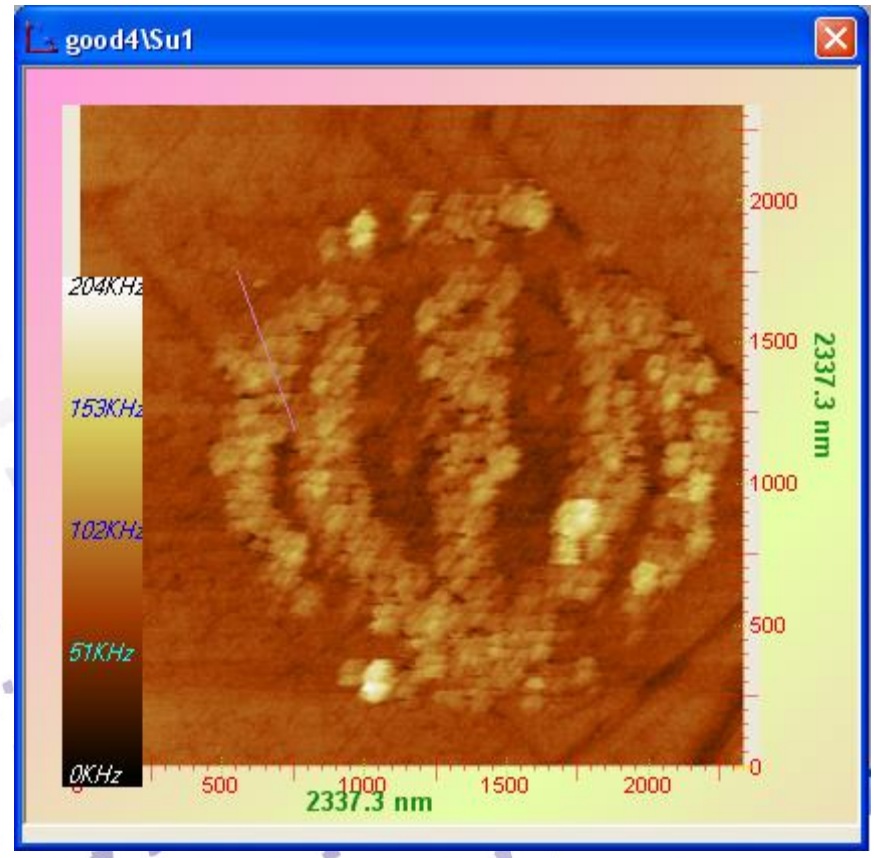
- **پنجره نمایش دوبعدی**
- **پنجره نمایش سه بعدی**
- **پنجره نمایش خط / منحنی**
- **پنجره نمایش اسپکتروسکوپی**
- پنجره نمایش Note
- **پنجره نمایش فوریه**

- **پنجره نمایش هیستوگرام**
- **پنجره نمایش** Roughness
- **پنجره نمایش نوار ابزار رنگ آمیزی**

نمایش دو بعدی

کلیه تصاویر را می توان به صورت دو بعدی مشاهده نمود. برای نمایش دوبعدی تصویر دلخواه ابتدا آیتم مورد نظر را **Tree** انتخاب نموده و کلید را فشار داده شود. و یا در نوار ابزار View، گزینه View 2D را انتخاب گردد. نمایش دو بعدی پنجره مهمی است و گزینه های **Line profiling, Crop** and , **FFtCrop** در این پنجره فعاسازی و ایجاد می گردند. در نمایش دوبعدی ارتفاع با استفاده از توزیع رنگی نوار ابزار رنگ نمایش داده می شود

پنجره نمایش 2D شامل نوار ابزارهای کنترلی، نوار ابزار نمایشی می باشد.



شکل ۵-۰ نمای دوبعدی از سطح

ابزار کنترلی در نمایش دو بعدی عبارتند از:

: فعال سازی جابجایی ابزار با ماوس

: جابجایی تصویر با ماوس

: فعالسازی گزینه بزرگنمایی

: حذف تمام بزرگنمایی ها

: در تصویر دو بعدی نقطه مبدأ در تصویر در گوشه بالا سمت چپ می باشد، این کلید امکان جابجایی صفر (نقطه مرجع) را در تصویر 2D فراهم می کند.

: این کلید امکان انتخاب ناحیه ای برای بررسی بیشتر را فراهم می کند. با انتخاب کلید و drag نمودن بر روی تصویر می توان ناحیه دلخواه از تصویر را انتخاب نمود.

این کلید امکان انتخاب ناحیه ای برای بررسی محاسبه FFT را فراهم می کند. با انتخاب این کلید و drag نمودن بر روی تصویر می توان ناحیه دلخواه از تصویر را انتخاب نمود.

: این کلید امکان ایجاد خطوط تک بعدی (Line Profile) را فراهم می کند. این خطوط در پنجره Line نمایش داده می شوند و با استفاده از رنگ ها قابل تفکیک می باشند.

توجه: برای گرید بندی تصویر از گزینه View در بالای صفحه نمایش دوبعدی، گزینه View Grid را انتخاب نمائید. در حالت پیش فرض، تصویر به صورت گرید شده نمایش داده می شود.

Crop

بعضی از اوقات کاربر می خواهد که یک قسمت از تصویر را برش دهد باید از این گزینه استفاده نماید. تصویر برش داده شده به درخت فایل اضافه می گردد و میتواند به صورت دوبعدی و سه بعدی نمایش داده شود. در نمایش دوبعدی کلید این عمل را فعال می نماید .

FFtCrop

این گزینه مشابه Crop است فقط نمایش فوریه همزمان از قسمت برش داده شده نمایش داده می شود. این گزینه با کلید در صفحه نمایش دو بعدی فعال می گردد.

Lin Profiling

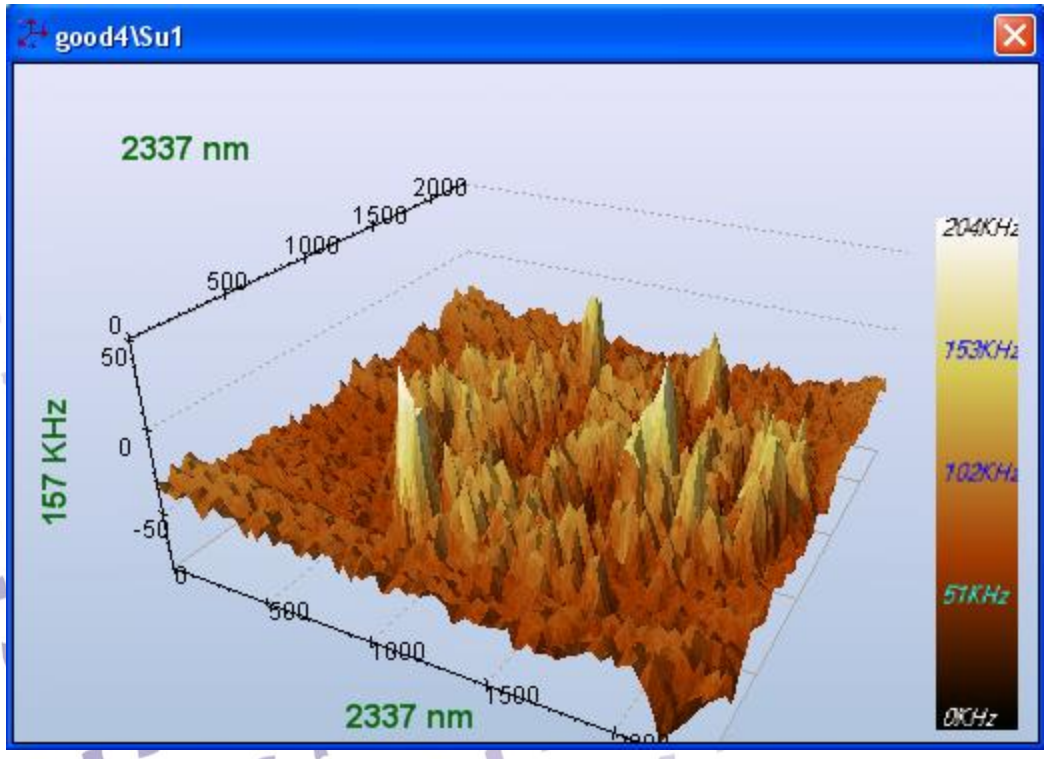
بعضی از اوقات کاربر می خواهد که مقطعی/مقاطعی از تصویر را مشاهده نماید . این گزینه امکان مقایسه دو تصویر را در جزئیات نشان میدهد. این گزینه با کلید دز نمایش دوبعدی فعال می گردد. در یک تصویر می تان یک یا چندین خط را انتخاب نمود.

Zero handling

این امکان وجود دارد که کاربر محل مبدا را در محورهای X,Y تغییر دهد و در نقطه دلخواه قرار دهد. این گزینه فقط در نمایش دو بعدی وجود دارد.

نمایش سه بعدی

تمام تصاویر دو بعدی می توانند به صورت 3D نمایش داده شوند. جهت نمایش سه بعدی تصویر(تصاویر)، ابتدا تصویر(تصاویر) مورد نظر را از لیست تصاویر انتخاب نموده و سپس کلید انتخاب گردد. یا از منوی فایل گزینه View 3D را انتخاب گردد. در نمایش سه بعدی اماکن نمایش تصویر در زوایا و حالتهای مختلف وجود دارد.



شکل٦-٦ نمای سه بعدی سطح

ابزار کنترلی نمایش سه بعدی عبارتند از:

: امکان انتقال تصویر روی صفحه را فراهم می نماید.

: این گزینه برای بزرگنمایی مورد استفاده قرار می گیرد.

: به منظور غیر فعال کردن ماوس از این کلید استفاده می شود.

: برای چرخاندن تصویر به کار می رود.

: این گزینه صفحه اشاره‌گری در راستای محور X به شکل اضافه مینماید و با جابجایی آن می توان مقادیرداده ها را اندازه‌گیری نمود.

: این گزینه صفحه اشاره‌گری در راستای محور Y به شکل اضافه مینماید و با جابجایی آن می توان مقادیرداده ها را اندازه‌گیری نمود.

: این گزینه صفحه اشاره‌گری در راستای محور Z به شکل اضافه مینماید و با جابجایی آن می توان مقادیرداده ها را اندازه‌گیری نمود.

: برای بزرگ کردن تصویر در جهت محور Z بکار می رود.

: امکان کوچک کردن تصویر در جهت محور Z را فراهم می نماید.

Quality: کیفیت تصویر را تنظیم می نماید.این گزینه برای کاهش تعداد پیکسلها برای نمایش و افزایش سرعت قرار داده شده است.

Low: تعداد پیکسل کم

.....

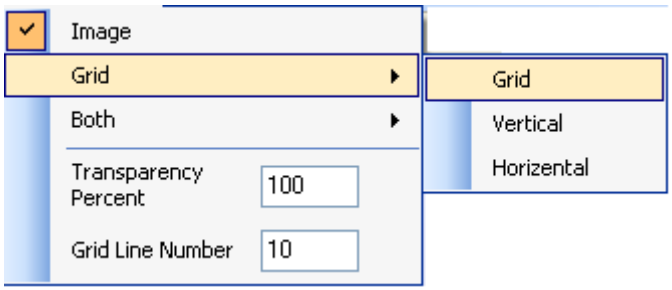
High: تعدادپیکسل زیاد

: برای نشان دادن تصویر در جهت های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد.

: جهت تغییر تابش نور بر روی تصویر از این کلید استفاده می شود.

Image Mode: کاربر می تواند نمایش سه بعدی را در حالت های مختلف **Image /Grid/ Both** مشاهده نماید.

.



در صد شفافیت تصویر با **Transparency percent** تنظیم می گردد.

در نمایش **Grid** تعداد خطوط با پارامتر **Grid Line Number** تنظیم می گردند.

Tools: این گزینه ابزار های جانبی در نمایش را فعال /غیر فعال می نماید.

: اطلاعات داده های تصویر

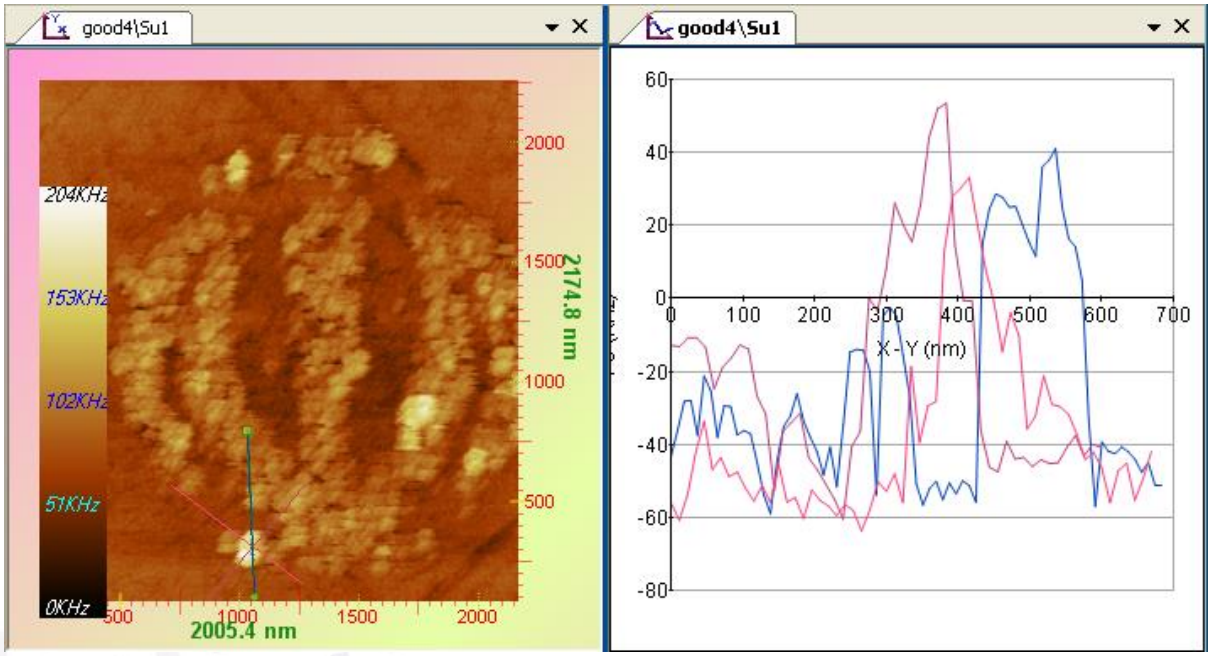
: نوار ابزار رنگ

اندازه محور ها

: گرید Grid روی محور ها

نمایش یک بعدی (Line Profile)

خطوط و منحنی ها در نمایش یک بعدی نمایش داده می شوند. جهت نمایش پنجره یک بعدی ابتدا آیکون تصویر(تصاویر) مورد نظر را از نوار پایین نرم افزار انتخاب گردد و سپس کلید را انتاخب گردد. برش های مقطعی در پنجره نمایش دوبعدی با کلید ایجاد می گردند و در این پنجره به صورت همزمان تغییر می کنند. نمایش خطوط به کاربر اجازه می دهد که جزئیات تصویر را مشاهده نماید و بین تصاویر مقایسه نماید. هر خطی که در تصویر ایجاد گردد به **Tree** فایل اضافه می گردد. برای نمایش تمام خطوط یک تصویر فایل اصلی را انتخاب نموده و کلید انتخاب گردد.



شکل۶-۷ نمایش یک بعدی Line profile

: امکان انتقال تصویر روی صفحه را فراهم می نماید.

: این گزینه برای بزرگنمایی مورد استفاده قرار می گیرد. بدین منظور کلید را فشار دهید و در سمت چپ نقطه مورد نظر کلیک نموده و ماوس را به سمت راست حرکت دهید

: انتخاب این گزینه ماوس را غیر فعال می نماید

: برای حرکت انتقالی به کار می رود.

Default : منحنی ها را به صورت پیش فرض نمایش می دهد.

: این گزینه منحنی را بر روی محور عمودی مرتب می کند.

: این گزینه منحنی را بر روی محور افقی مرتب می کند.

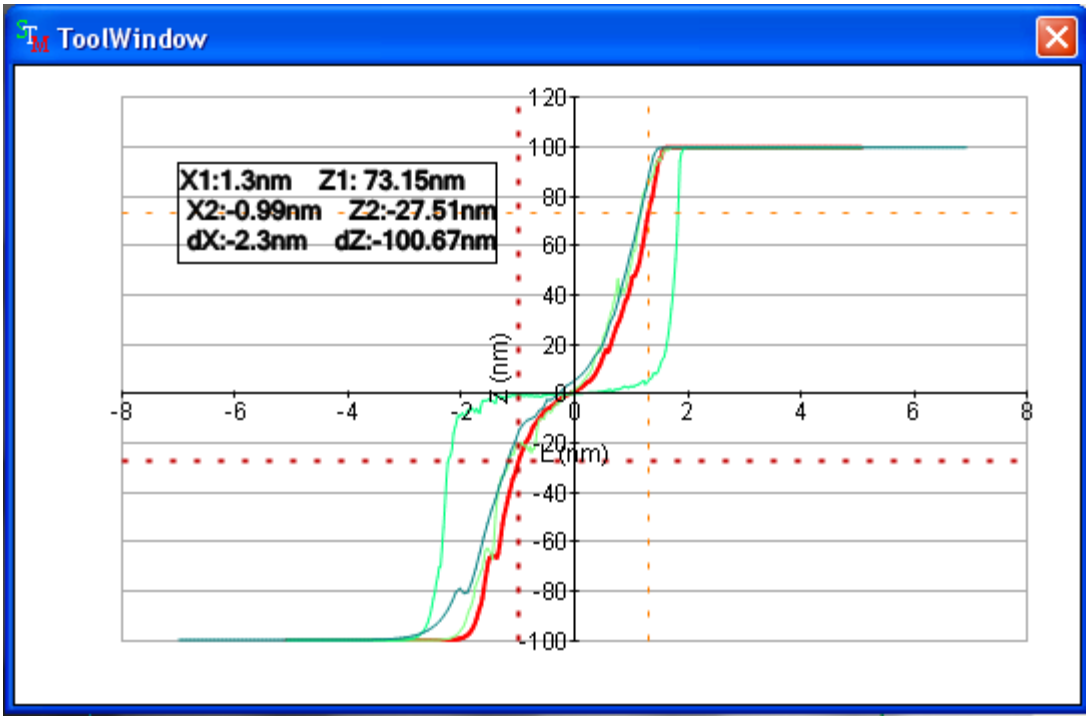
: در هر منحنی با انتخاب این گزینه، دو اشاره‌گر بر روی منحنی قرار می گیرد. با جابجایی آنها می توان فواصل را اندازه‌گیری نمود. اشاره‌گرها بر روی منحنی‌ای که انتخاب شده است قرار می گیرند (هنگام انتخاب منحنی رنگ منحنی مورد نظر مشکی می گردد). برای انتخاب اشاره‌گر دیگر یکبار دیگر کلید را انتخاب می‌گردد.

: این کلید امکان انتخاب ناحیه ای برای بررسی بیشتر را فراهم می کند. با انتخاب کلید و drag نمودن بر روی منحنی می توان ناحیه دلخواه از تصویر را انتخاب نمود ناحیه بین دو نمایش از کل منحنی استخراج می گردد.

View All: منحنی ها را به ترتیب نشان می دهد. اگر بر روی نام هر منحنی کلیک شود منحنی حذف یا اضافه می گردد.

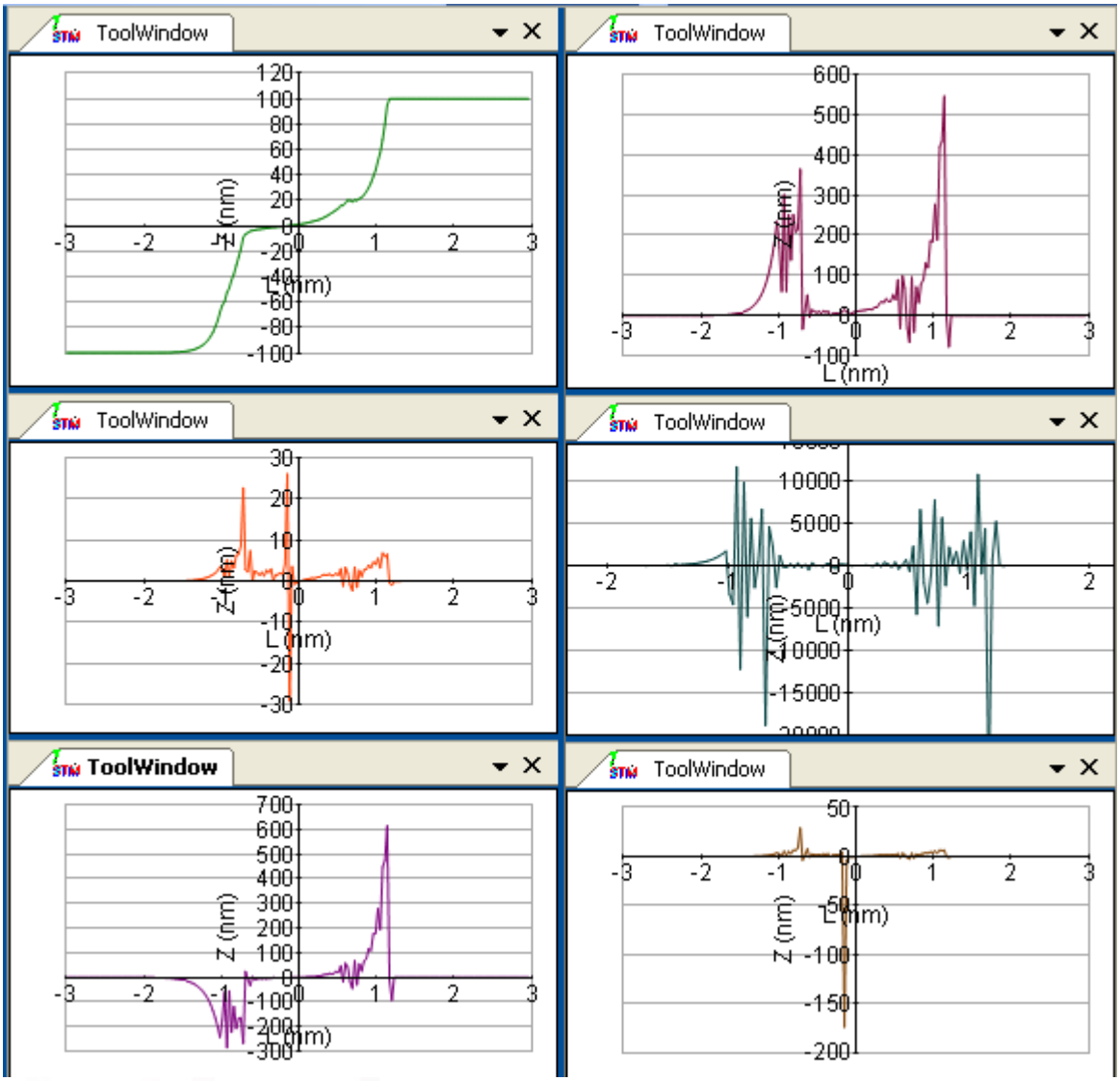
: نشان دادن اطلاعات داده های تصویر مورد استفاده قرار می گیرد.

در شکل زیر نمایشی از منحنی I_V نشان داده است.



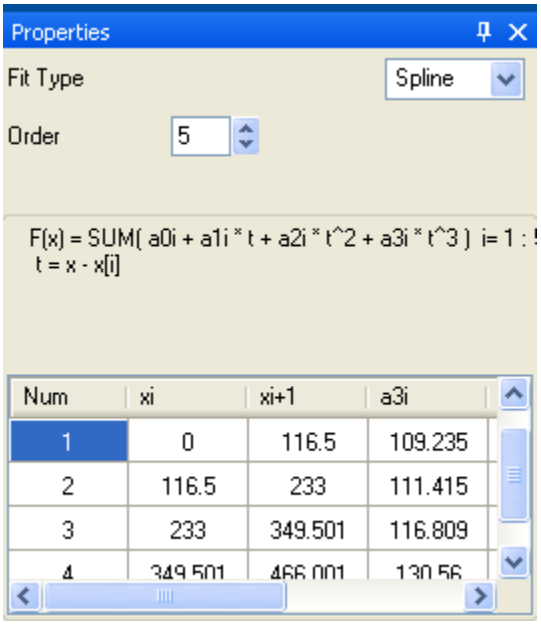
نمایش اسپکتر.سکوپی

منحنی اسپکتروسکوپی I-V می تواند به صورت نمایش رسانایی **(dI/dV)** و چگالی توزیع الکترونی سطح **(dI/dV * V/I)** تبدیل گردد. برای نمایش منحنی‌های I-V، dI/dV-V، d^2I/dV^2-V، dLnI/dV-V، dLnI/dLnV-V و VdI/IdV-V از فایل SPC ابتدا فایل مورد نظر را از لیست تصاویر و منحنی ها انتخاب نموده و به ترتیب از کلیدهای زیر در **Preporty** استفاده می گردد.



تخمین منحنی (Curve Fitting)

در این نرم افزار امکان تخمین منحنی بر روی مسیر موجود می باشد.



تنخمین منحنی

گزینه Fit Type روش تخمین را تعیین می نماید:

Polynomial

این روش یک چند جمله ای با درجه مشخص (حداکثر ۳) را بر منحنی تخمین می زند.

$f(x) = \sum_{i=1}^{Order} a_i x^i$ a_i will be calculated , Order= 1, 2, 3

Gaussian

این روش یک تابع گاوسی را بر منحنی تخمین می زند.

$f(x) = Ae^{-\frac{x^2}{2\sigma}}$ A and σ will be calculated

Exponential

این روش یک تابع نمایی را بر منحنی تخمین می زند. وبرای اسپکتروسکوپی ***I-Z*** *در مد* ***STM*** *مناسب است.*

$f(x) = Ae^{kx}$ A and k will be calculated

SP line

این روش چندین چند جمله ای با درجه ۳ رادر فواصل مختلف و معین بر منحنی تخمین می زند. هر چه تعداد فواصل بیشتر باشد تخمین بهتر خواهد بود.

$$z_{ax}(x) = \sum_{i=1}^{Order} a_{0i} + a_{1i}t^1 + a_{2i}t^2 + a_{3i}t^3 \qquad t = x - x_i$$

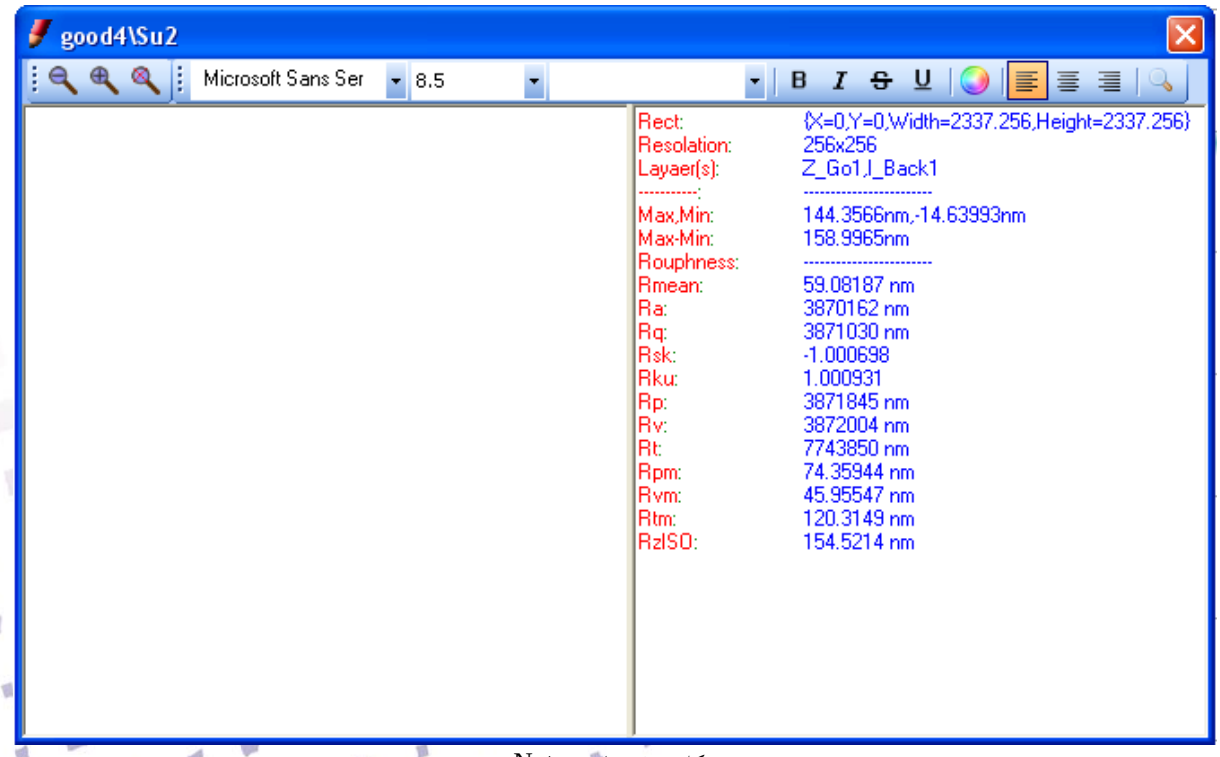
a_{0i} , a_{1i} , a_{2i}, a_{3i} and x_i will be calculated , Order= 1, 2, ….

*گزینه **Order** درروش **Polynominal** درجه تقریب را معین می نماید. و در **SPLine** تعداد قسمتهای منحنی را تعیین می نماید و هر چه بیشتر باشد دقت بیشتر می گردد.*

ضرایب تخمین زده شده در پایین این پنل نمایش داده می شوند.

نمایش Note

جهت نمایش اطلاعات تصویر(تصاویر)، ابتدا تصویر(تصاویر) مورد نظر را از لیست تصاویر انتخاب نمایید و سپس کلید را فشار دهید. جهت اطلاعات بیشتر به Help نرم افزار رجوع شود.



شکل ۸-۰ نمایش Note

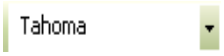
ابزارهای پنجره Note عبارتند از:

: این کلید امکان نمایش تصویر با بزرگنمایی بیشتر را فراهم می کند.

: برای بزرگنمایی کمتر تصویر بکار می رود.

: برای حذف بزرگنمایی تصویر، مورد استفاده قرار می گیرد.

نوار ابزار ویرایش متن:

 : امکان انتخاب نوع فونت نوشته را فراهم می نماید.

: انتخاب اندازه نوشته از طریق این گزینه امکانپذیر است.

: با انتخاب این گزینه، نوشته Bold می شود.

: با انتخاب این گزینه، نوشته به صورت کج نوشته می شود.

: خطی در وسط نوشته کشیده می کند.

: خطی در زیر نوشته کشیده می کند.

: از طریق این گزینه، می توان رنگ نوشته را تغییر داد.

: متن را بصورت چپ چین مرتب می کند.

: متن را بصورت وسط چین مرتب می کند.

: متن را بصورت راست چین مرتب می کند.

: به منظور جستجو، این گزینه بکار می رود.

نمایش تبدیل فوریه (FFT)

تبدیل فوریه ابزار قدرتمندی در آنالیز تصاویر است. در ساختارهای با طرحهای تکراری ماند تصاویر اتم ها استفاده از تبدیل فوریه مناسب است. در ملهای که ساختار تکراری وجود دارد در فوریه پیک ایجاد می شود که در پردازش تصویر قابل تشخیص می باشد. رابطه محاسبه تبدیل فوریه به صورت زیر است:

$$F(u,v) = \frac{1}{N_x M_y} \sum_{x=0}^{N_x-1} \sum_{y=0}^{N_y-1} z(x,y) e^{-i2\pi(\frac{ux}{N_x}+\frac{vy}{N_y})}$$

که Nx, Ny به ترتیب تعداد پیکسلهای تصویر در بعدهای x,y می باشد و u,v *فرکانسهای دوبعدی هستند.*

تبدیل فوریه را متوان به عبارت دیکر مجموع توابع سیسنوسی بادامنه، فرکانس و فاز متفاوت در نظر گرفت.

تبدیل فوریه معکوس از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$f(x,y) = \sum_{x=0}^{N_x-1} \sum_{y=0}^{N_y-1} F(u,v) e^{i2\pi(\frac{ux}{N_x}+\frac{vy}{N_y})}$$

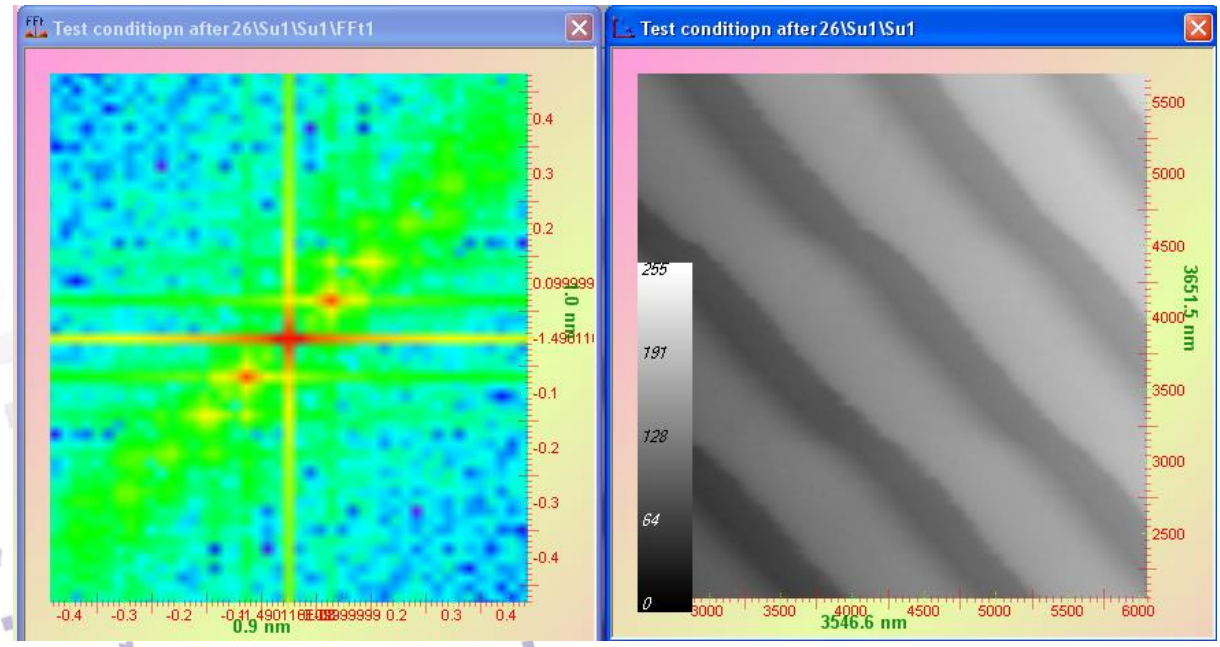
تعداد محاسبات در تبدیل فوریه با روشهایی کاهش می باید که انها تبدیل فوریه سریع یا FFT می گویند.

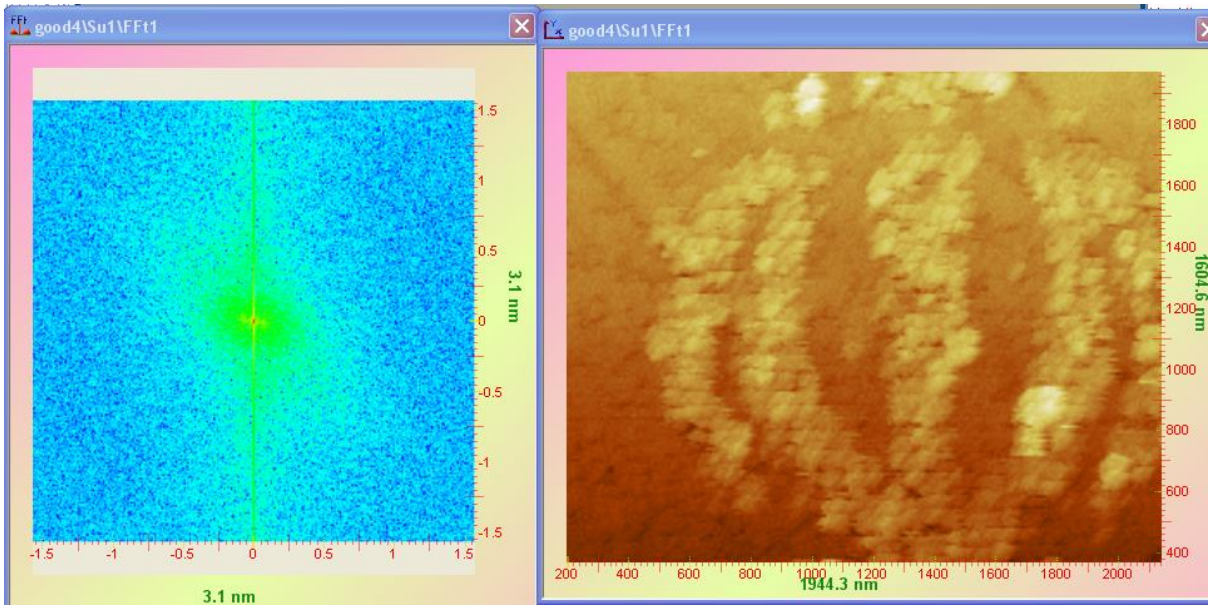
تبدیل فوریه تصویر به صورت توزیع دامنه یا مقدارقدر مطلق اجزا فوریه نمایش داده می شود.

$$|F(u,v)| = \sqrt{R^2(u,v) + I^2(u,v)}$$

که R.I به ترتیب مقادیر مجازی و حقیقی فوریه می باشند.

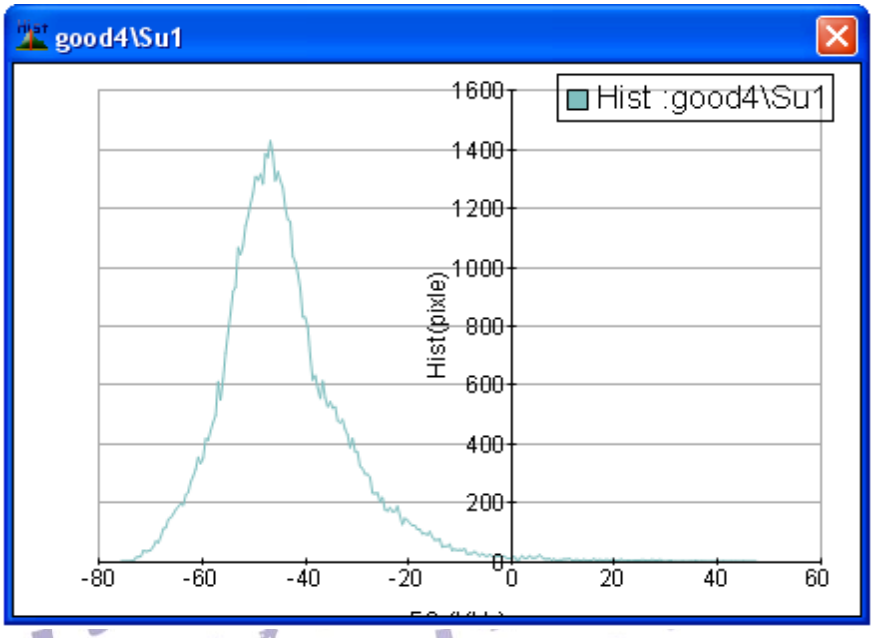
کلید برای محاسبه و نمایش تبدیل فوریه دوبعدی تصویر استفاده می گردد. تبدیل فوریه محاسبه شده به Tree فایل مربوطه اضافه می گردد و با انتخاب آن و سپس انتخاب کلید تبدیل فوریه نشان داده خواهد شد.





نمایش توزیع داده ها (Histogram)

منحنی هیستوگرام نمایش توزیع مقادیر نقاط سطح را نشان می دهد. که با کلید Hist فعال می گردد. هیستو.گرام ابزار مهم آنالیز است که اطلاعاتی در توزیع ارتفاع در تصویر نسان می دهد. هر چه منحنی گسترده تر باشد کنتراست تصویر بیشتر می شود. بهتر است در موقع استفاده از فیلتر اصلاح سطح به صورت همزمان هیستوگرام مشاهده گردد.



نمایش هیستوگرام

زبری سطح (Roughness)

نوسانات سطوح بسته با توجه به فرکانس به دو دسته تقسیم می شوند:

- فرکانس پایین (Waviness)
- فرکانس بالا (Roughness)

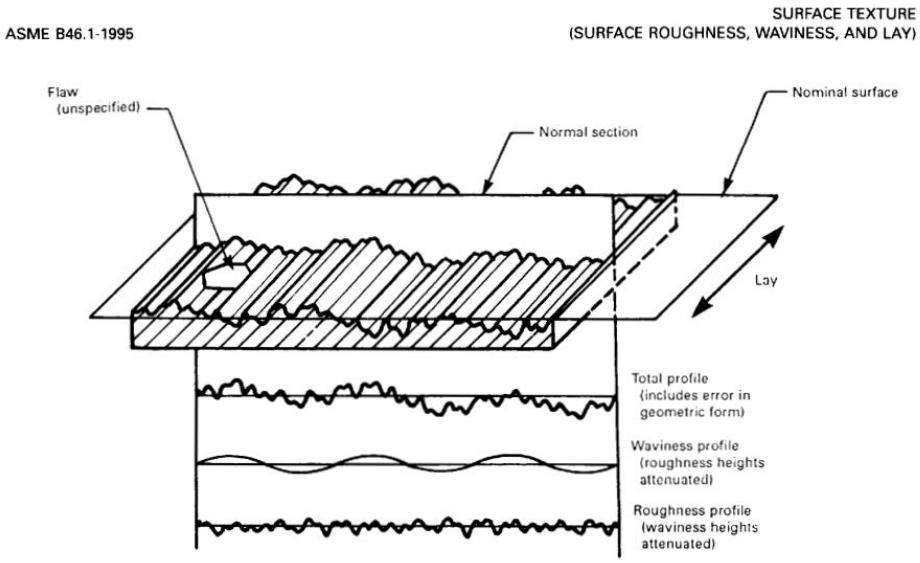
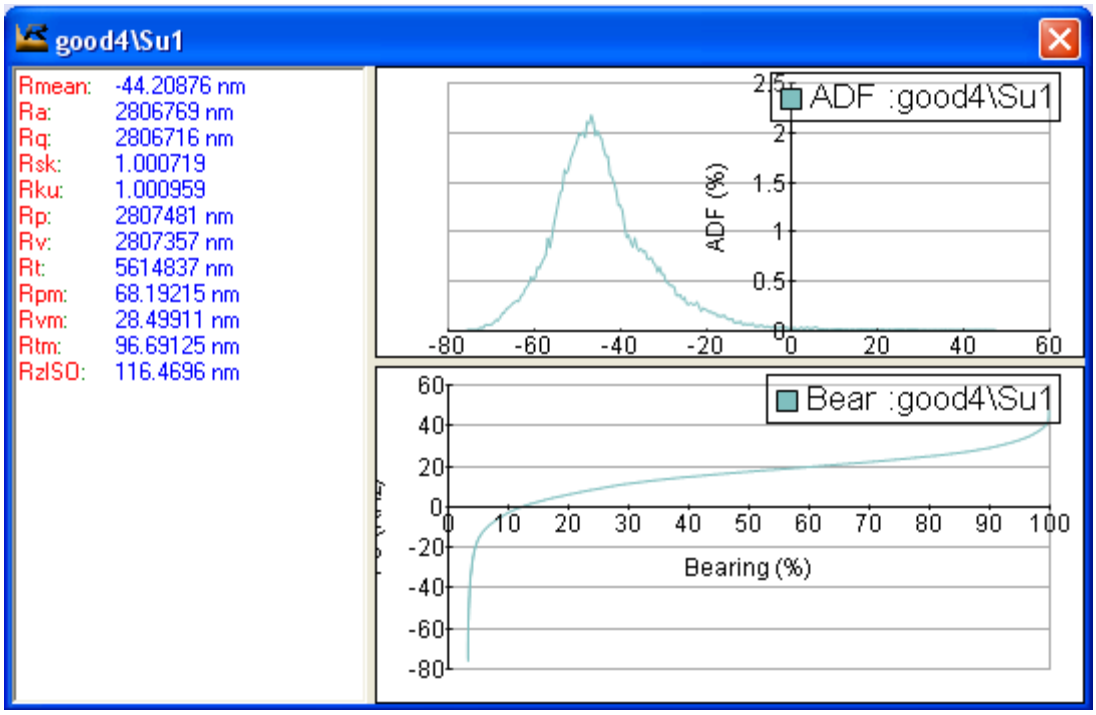


FIG. 1-1 SCHEMATIC DIAGRAM OF SURFACE CHARACTERISTICS

برای محاسبه Roughness ابتدا باید Waviness حذف گردد، که روش های به دین صورت است:

- ✓ فیلتر پایین گذر قوی (با ماسک بزرگ) بر روی تصویر و تفریق نتیجه حاصل از تصویر(بالا گذر با فرکانس قطع مناسب)
- ✓ استفاده از فیلتر ISO 13565 (این روش معمول تر است)
- ✓ تخمین هایی درجه پایین از سطح (اول، دوم و سوم) و تفریق آنها از سطح

پنجره محاسبه و نمایش پارامترهای Roughness با کلید فعال می گردد.



نمایش پارامترهای زبری

۱۲ پارامتر از پارامترهای دامنه که ویژگی های آماری سطح را معین می کنند در این نرم افزار محاسبه می گردد تمامی پارامترها بر اساس استاندارد دو بعدی ASME B46.1-1995, ASME B46.1-1985, ISO 4287-1997, ISO 4287/1-1997. محاسبه گردیده است.

$$R_{mean} = Average\ of\ Image$$
$$r(i,j) = z(i,j) - R_{mean}$$

Roughness Average, *Ra*,

$$R_a = \frac{1}{MN}\sum_{k=0}^{M-1}\sum_{l=0}^{N-1}|r(x_k,y_l)|$$

Root Mean Square (RMS) parameter *Rq*

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{k=0}^{M-1}\sum_{l=0}^{N-1}|r(x_k,y_l)|^2}$$

Surface Skewness, *Rsk*

$$R_{sk} = \frac{1}{MNR_q^3}\sum_{k=0}^{M-1}\sum_{l=0}^{N-1}|r(x_k,y_l)|^3$$

Surface Kurtosis, *Rku*,

$$R_{ku} = \frac{1}{MNR_q^4} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} |r(x_k, y_l)|^4$$

Maximum Valley Depth *Rv*

بزرگترین مقدار قله در مقادیر ارتفاع

Maximum Peak Height *Rp*

بزرگترین مقدار دره در مقادیر ارتفاع

Peak-Peak Height, *Rt*

$$R_t = R_p + R_v$$

Maximum Valley Depth *Rvm*

میانگین بزرگترین مقدار قله در مقادیر ارتفاع در بازه های معین

$$R_{vm} = \sum_{i=1}^{m} |z_{vi}|$$

Maximum Peak Height *Rpm*

میانگین بزرگترین مقدار دره در مقادیر ارتفاع در بازه های معین

$$R_{pm} = \sum_{i=1}^{m} |z_{pi}|$$

Peak-Peak Height *Rtm*

$$R_{tm} = R_{pm} + R_{vm}$$

Ten Point Height, *RzIso*,

میانگین۵ تا بزرگترین مقدار قله ها به اضافه میانگین۵ تا بزرگترین مقدار دره ها . اگر ۵ تا قله و دره صحیح پیدا نشود این پارامتر صحیح نیست

$$R_{zIso} = \frac{\sum_{i=1}^{5} |z_{pi}| + \sum_{i=1}^{5} |z_{vi}|}{5}$$

منحنی ADF

این منحنی همان منحنی هیستوگرام است که نرنمالیزه شده است و توزیع ارتفاع را نشان می دهد.

منحنی Bearing Curve (Abbott)

منحنی Bearing انتگرال تجمعی تابع ADF است و به منحنی Abbott مشهور است. شیبهای ابتدایی و انتهایی منحنی دارای اطلاعاتی در مورد زبری سطح می باشد.

استخراج داده ها Export

گزینه Export برای استخراج داده و تصاویر از نرم افزار برای گزارش و یا تحلیل بیشتر می باشد. در این نرم افزار داده ها به طور کلی به دو دسته تصویر و خط میباشند و با فرمت های زیر قابل استخراج میباشند.

تصویر (.jpg ، .bmp)

یک تصویر از نمایش یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی و هیستوگرام و Roughness را نشان می دهد و در محل دلخواه کاربر ذخیره مینماید.

نمایش ماتریسی (.txt، .dat ، .xml)

داده ها ی تصویر و خط را به صورت متن در محل دلخواه کاربر ذخیره مینماید.

.CVS or excel

داده ها ی تصویر و خط را به صورت ماتریس در محل دلخواه کاربر ذخیره مینماید.

ذخیره می کند.

Matlab

داده ها ی تصویر و خط را به صورت فایل قابل باز کردن در MATLAB در محل دلخواه کاربر ذخیره مینماید.

پنجره Export با استفاده از کلید Export باز می گردد.

گزینه **Browse** محل ذخیره سازی فایل را تعیین مینماید.

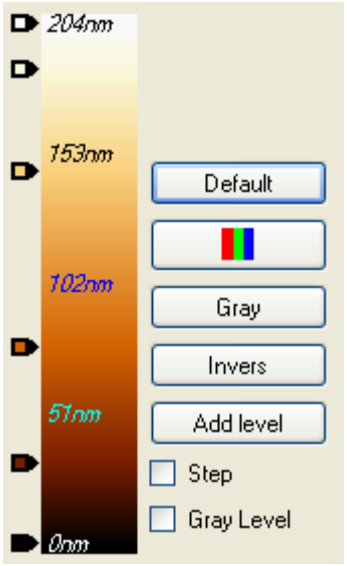
گزینه **Export** فرایند Exportرا اجرا مینماید .

گزینه **Cancel**پنجره Exportرا می بندد.

ابزار رنگ آمیزی

ابزار رنگ آمیزی برای نمایش ارتفاع در تصاویر دو بعدی و سه بعدی استفاده می شود. نرم افزار **NAMA Analysis** دارای نوار های رنگی تعریف شده است. کار بر می تواند نوار رنگی دلخواه خود را در پنجره **Color Editor window** تنظیم نماید. نوار ابزار دارای فلش هایی است که کاربر میتواند با نتخاب آنها رنگ

مربوطه به آن را تغییر دهد. کاربر میتواند فلش های بیشتری را نیز با دوبار کلیک بر روی نوار رنگی ایجاد نماید.



شکل ٦-٤ نوار تنظیم رنگ

پنجره **Color Editor window** دارای ابزار رنگ آمیزی زیر است:

کلید Default رنگ پیش فرض نرم افزار را تنظیم می نماید.

کلید Gray رنگ خاکستری را تنظیم می نماید.

کلید : لیستی از رنگهای تعریف شده را برای کاربر فراهم می نماید.

کلید Invers کلیه رنگهای نوار ابزار را معکوس می نماید.

کلید Add level تعداد مشخصی فلش (۷، ۹، ۱۱، ۱۲)را به نوار ابزار رنگ پیش اضافه می نماید.

با کلیک روی فلش های نوار ابزار رنگ، پنجره ای باز می شود که از طریق آن کاربر می تواند رنگ دلخواه خود را برای هر فلش انتخاب نماید. فلش پایین نوار نقاطی را که کمترین ارتفاع را دارند رنگ آمیزی می کند و با بالا آمدن در نوار تنظیم رنگ می توان نقاط با ارتفاع بیشتر را رنگ آمیزی نمود. همچنین می توان توسط ماوس فلشها را جابجا نمود. برای اضافه نمودن رنگ دلخواه به نوار ابزار رنگ در نقطه مورد نظر دو بار کلیک نموده تا فلشی اضافه شود، سپس بر روی فلش دو بار کلیک نموده و رنگ آن قابل تغییر خواهد بود.

گزینه Step فرایند Color Equalization را فعال / غیر فعال می کند .

Color Equalization

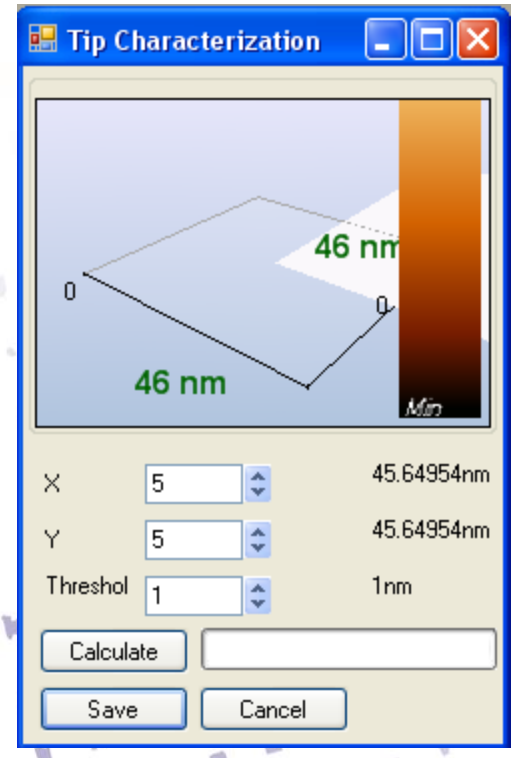
توزیع رنگ به صورت معمول در کلیه بازه توزیع ارتفاع تصویر تقسیم می شود. در صورتی که با استفاده از منحنی هیستوگرام توزیع رنگ به صورت هدفمند گردد جزئیات تصویر با وضوح بیشتر قابل مشاهده خواهند بود. البته ایراد این فرایند غیر خطی بودن و القای حس نادرستی از میزان دقیق ارتفاع در تصویر است.

گزینه Gray level رنگها را بصورت مقطع درآورده و خاصیت همواری رنگها را از حذف مینماید.

تخمین سوزن Tip Characterization

سیستم های SPM همیشه دارای میزان خطای ناشی از پروب می باشند. این خطا در لبه ها و درهها و کنار قله ها مشهود است. روش پردازش تصویری موجود هستند که با استفاده از قله های تصویر می توان تخکینی از سوزنی که این سطح را اسکن کرده است بدست آورد و سپس با سوزن بدست آمده خطای را به حداقل ممکن رسانید. در نرم افزار **NAMA-Analysis** فرایند تحمین سوزن در پنجره **Tip Characterization** انجام می شود وفرآیند بازسازی تصویر با فیلترهای **Morphological** (در بحش فیلترها) انجام می گردد..

پنجره **Tip Characterization** با کلید فعال می گردد..



X& Y

ابعاد تخمین اولیه سوزن بر حسب پیکسل و نانومتر

Threshold

پارامتر کنترل خطای الگوریتم (نه خیلی زیاد نه خیلی کم ۱)

Calculate

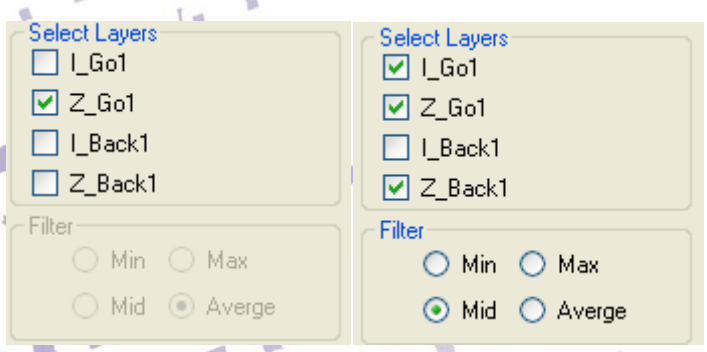
این کلید فرآیند تخمین سوزن را شروع میکند. بعد از محاسبه تخمین سوزن در پنل نمایش سه بعدی این پنجره نمایش داده خواهد شد.

Save

سوزن تخمین زده شده می تواند ذخیره گردد وبرای فرایند بازسازی و اصاح خلای تصویر در فیلتر **Morphological** استفاده گردد. وزن ذخیره شده مانند یک سطح دو بعدی اس ومی توان مانند یک تصویر معمولی تمام فرایند های موجود در نرم افزار را برای آن اجرا نمود.

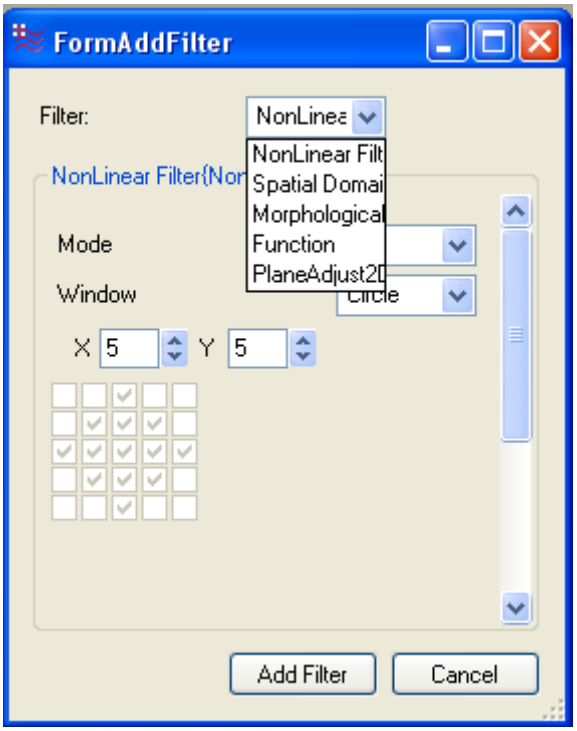
Data Layers Selection

فایلهای تصویر ذخیره شده ممکن است لایه های از داده های مختلف باشند برای مثال تصویر ارتفاع و جریان درمد STM و یا ممکن است به صورت تکرار هر خزط به صورت چندین دفعه باشد نا گزیر لایه های مختلفی از تصویر را ایجاد مینماید. در این نرم افزار، پنجره Kind of Data لایه مختلف یک فایل را به یک تصویر تبدیل می نماید. لیستی از لایه های موجود در تصویر به صورت گزینه های نمایش داده شده است. در صورتی که ماربر هر کدام را انتخاب نماید لایه مربوط به آن تصویر نهایی می گردد. در صورتی که دو لایه یا بیشتر انتخاب گردند تبدیل لایه ها به یک لایه بر اساس الگوریتخهای دلخواه (Max,Min,Ave,Mid) خواهد بود که به ترتیب از میان داده های ذخیره شده برای یک نقطه، ماکزیمم، مینیمم، میانگین و یا میانه را به عنوان تصویر حاصل ایجاد می نماید. لازم به ذکر است با باز کردن نمایش دو بعدی یا سه بعدی تصویر این فیلتر ها به صورت پیش فرض اعمال می شوند و تصویری را ایجاد می نمایند، کاربر در صورت دلخواه می تواند این فیلترها را تغییر دهد.



فیلترها

نرم افزار NAMA Analysis بسته ی کاملی از فیلترهای مورد نیاز در آنالیز تصاویر SPM را فراهم آورده است. کاربر میتواند از فیلترهای مختلف برای نمایش بهتر داده ها و حذف نویز از داده ها استفاده نماید. فیلتر ها از پنجره **Add Filter** (که باکلید ≋ فعال می شود) به داده ها اعمال می گردند و یا با استفاده از کلیدهای میانبر نوار ابزار ها به داده ها اعمال می شوند.



پس از اعمال کردن فیلتر انتخابی اگر نتیجه بدست آمده رضایت‌بخش نباشد می توان فیلترهای اضافه شده را حذف کرد. اگر تغییرات اعمال شده ذخیره نیز بشوند باز کاربر می تواند به اطلاعات اولیه دست پیدا نماید .

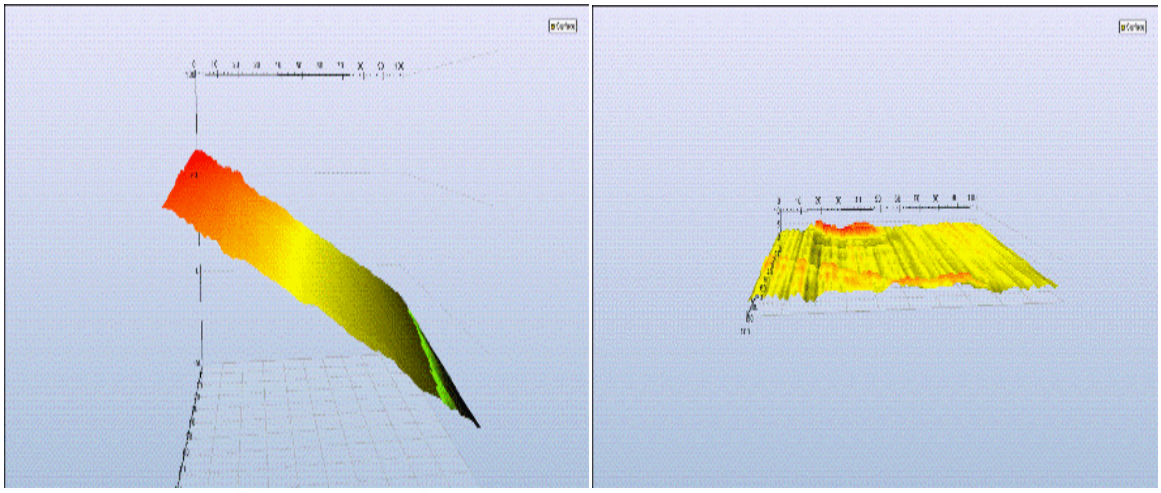
توجه: *در هنگام پاک کردن تصاویر، تغییرات انجام شده ذخیره نمی‌گردد. بنابراین باید تغییرات ذخیره گردد.*

فیلتر های پردازش تصویر در این نرم افزار به شش دسته تقسیم می شوند:

- Plan correction ✓
- Non-Linear Filters (Median, Max, Min) ✓
- Spatial Domain Filters (Smooth, Sharpen, …) ✓
- Morphological Filter (Erosion, Dilation) ✓
- Function Filter ✓
- Fourier Filtering ✓

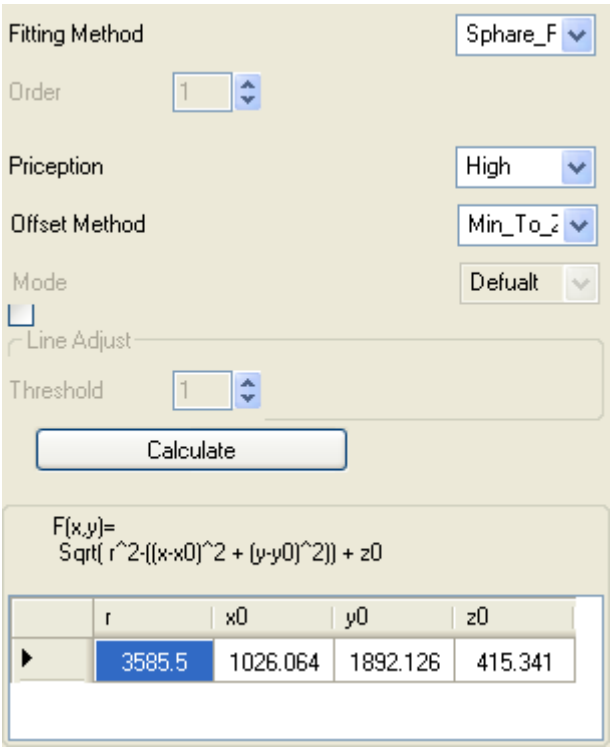
فیلتر Plane Correction

در اسکن بعضی از تصاویر نویز هایی در سطر وجود دارند، که ممکن است ناشی از مدارات PID یا پیزوتیوب و یا بزرگ بدون ناحیه اسکن باشد که منجر به تغییرات کمی در طول اسکن ایجاد نماید و داده های نویزی با داده ها جمع شود. این نرم افزار با استفاده از روش های محاسباتی در پی اصلاح سطح با فیلتر Plane Correction می باشد.



a b

شکل ٦-١٠ فیلتر ها Plan Correction a- تصویر نویزی قبل از اعمال فیلتر b- تصویر a بعد از اعمال فیلتر Plan Adjust



فیلتر Paln Correctoion

گزینه Method نوع روش محاسباتی را تعیین می نماید:

Linear: معادله صفحه ای خطی موازی سطح را محاسبه می نماید. در صورتی که نویز خطی باشد این روش به سرعت آن را اصلاح مینماید. معادله صفحه محاسبه شده به صورت زیر می باشد:

$$Z(x,y) = a_1 * x + b_1 * y + a_0 + b_0$$

Profile: معادله سطحی که به داده های سطح را نزدیک است را محاسبه می نماید. این روش در جهت های عمودی و افقی چند جمله ای های (حداکثر درجه ۳) را با مینمم سازی میانگین مربعات محاسبه می نماید.. معادله صفحه محاسبه شده به صورت زیر می باشد:

$$z_{ax}(x) = \sum_{y=1}^{N_y} z(x,y) \qquad z_{ay}(y) = \sum_{x=1}^{N_x} z(x,y)$$

Cyrenditical: معادله سطحی که به داده های سطح را نزدیک است را محاسبه می نماید. این روش در جهت های عمودی و افقی چند جمله ای های (حداکثر درجه ۳ در جهت افقی و درجه ۱ در جهت عمودی) را مانند فوق محاسبه می نماید..

Sphare: معادله سطحی کروی که به داده های سطح را نزدیک است را محاسبه می نماید. در صورتی که سطح کروی باشد این روش به سرعت آن را اصلاح مینماید. معادله صفحه محاسبه شده به صورت زیر می باشد:

$$Z(x,y) = \sqrt{r_0^2 - (x - x_0)^2 - (y - y_0)^2} + z_0$$

گزینه Order برای روش های Profile و Cyrendical درجه معادلات را تعیین مینماید.

گزینه Percision برای روش های Profile و Cyrendical میزان دقت روش را تعیین مینماید. که در سرعت محاسبات فیلتر تأثیر گذار می باشد به گونه ای که گزینه High سرعت کمتر و گزینه Low سرعت بیشتر خواهند داشت.

گزینه Offset نحوه محاسبه افست بعد از محاسبات را تعیین مینماید.

Mean To Zero: میانگین سطح برابر صفر می گردد.

Max To Zero: ماکزیمم سطح برابر صفر می گردد.

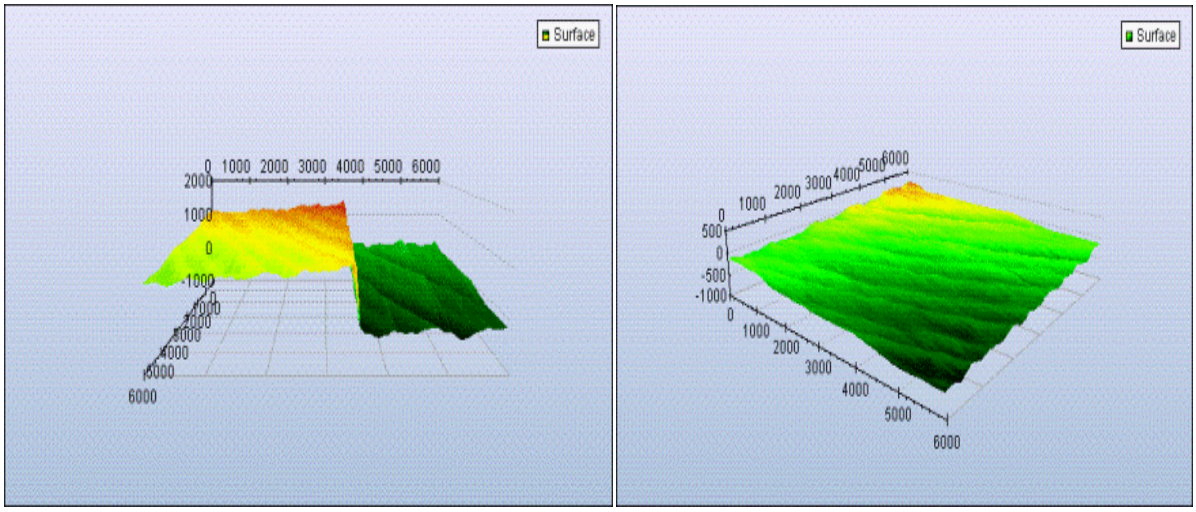
Min To Zero: مینیمم سطح برابر صفر می گردد.

Keep Mean: میانگین سطح حفظ می گردد.

گزینه Mode برای روش های Profile و Cyrendical دو حالت Default و Custom را تعیین مینماید. در حالت Default کلیه داده های سطح در محاسبه وارد می شوند اما در حالت Custom پنجره ای در نمایش دوبعدی تصویر ایجاد می شود که با تغییر اندازه، افست و یا زاویه آن کاربرد می تواند محل های دلخواه خود در تصویر را تصحیح نماید.

گزینه Line Adjust

در بعضی از تصاویر هنگام اسکن نویز هایی کوچکی وجود دارند، یا در حین اسکن ممکن است به دلیل نویز، سوزن درون Gap جابجایی زیادی نماید و یک پرش در تصویر ایجاد شود. برای حذف پرشهای ناگهانی و خطوط نا هماهنگ در تصویر فیلتر Line Adjust مناسب خواهد بود. جهت جلو گیری از ایجاد خطا حساسیت این فیلتر قابل تنظیم است، با تخمین مناسبی از تغییرات سطح می توان باز پرش ها ناگهانی را تعیین کرد و با توجه به آن آستانه حساسیت این فیلتر را بر حسب نانومتر تنظیم نمود.



a b

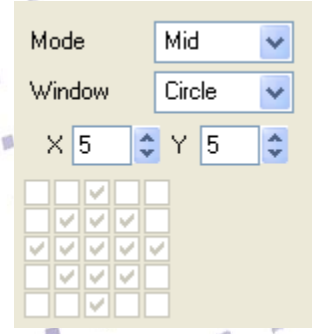
شکل٦-١١ فیلتر ها Line Adjust a- تصویر نویزی قبل از اعمال فیلتر b- تصویر a بعد از اعمال فیلتر Line Adjust

برای محاسبه تخمین سطح بعد از اعمال تنظیمات باید کلید Calculate فشرده شود. فیلتر محاسبه شده و ضرایب معادلات در جدول نمایش داده می شوند.

برای اعمال فیلتر به داده ها کلید Apply بایستی فشار داده شود.

فیلترهای غیر خطی (Nonlinear Filters)

فیلترهای غیر خطی ، فیلترهای پایین گذر هستند و دارای محاسبات غیرخطی از قبیل ماکزیمم، مینیمم و میانه می باشند. این فیلترها همانند کانولوشن پنجره معینی روی تمام نقاط تصویر قرار می دهند و برای محاسبه مقدار هر نقطه از تصویر از داده های نقاط مجاور با عملیت غیرخطی (ماکزیمم، مینیمم و میانه) استفاده می گردد. هر چه اندازه پنجره بزرگتر باشد اثر فیلتر بیشتر خواهد بود.



فیلترهای غیر خطی

گزینه ***Mode*** *در فیلتر نوع فیلتر ماکزیمم، مینیم، میانگین و میانه را معین می نماید.*

گزینه ***Window*** *در فیلتر شکل فیلتر مربعی، لوزی، دایره الیره ای و دلخواه را معین می نماید.*

گزینه های ***X*** *و* ***Y*** *به ترتیب اندازه پنجره فیلتر را در جهت افقی و عمودی تعیین می نمایند.*

پنجره به صورت لیستی از کلیدها نشان داده شده است در صورتی که در گزینه Window حالت Custom انتخاب شده باشد کلیدها فعال می شوند و کاربر میتوان به صورت دلخواه پنجره را تنظیم نماید.

Spatial Domain Filters

اساس فیلترهای خطی بر اساس کانولوشن یک پنجره خاص با تصویر است بدین صورت است که برای محاسبه مقدار هر نقطه از تصویر از داده های نقاط مجاور آن نیز استفاده می گردد. با توجه به شکل پنجره فیلترهای متفاوتی ایجاد می گردند

در این نرم افزار فیلتر های حزوه مکان به سه دسته کلی تقسیم می شوند:

- ✓ هموار کننده (Low Pass, Mean, Gaussian ,ISO standard filter)

این فیلتر ها عموما لبه های تیز را در تصویر حذف می کند و تصویر را هموارتر می نمایند.

- ✓ لبه یاب (Laplace ,High Pass)

این فیلتر ها عموما لبه های تیز را در تصویر آشکار نموده و برای تعیین تغییرات در جهت های مختلف استفاده می گردند.

- ✓ فیلتر های بیشتر (both Smoothing and Sharpening)

فیلتر هایی که در دو دسته بالا نبوده ولی کارایی به خصوصی دارند در این دسته قرار گرفته اند.

معادله عملیات کانولوشن پنجره K با تصویر I در زیر آمده است:

$$C(x,y) = \frac{1}{k} \sum_{i=-N_x/2}^{N_x/2} \sum_{j=-N_y/2}^{N_y/2} K(i,j) I(x-i, y-j)$$

برای جلوگیری از تقویت باید نرمالیزاسیون انجام گیرد.

فیلترهای هموار کننده (Smoothing)

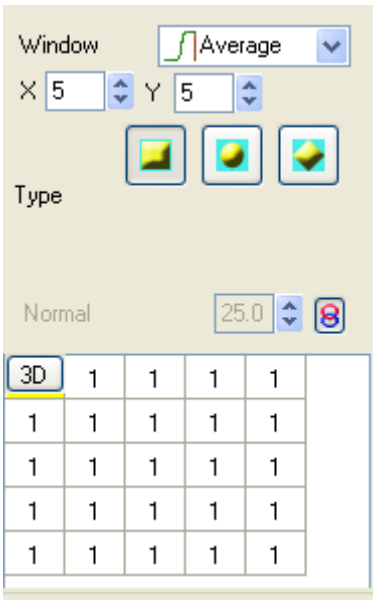
فیلترهای هموار کننده معمولا فیلتر پایین گذر نامیده می شوند زیرا آنها به فرکانس های پایین اجازه عبور می دهند و فرکانس های بالا را تضعیف می نمایند. در این فیلترها تمام ضرایب در باید مثبت باشند. فیلترها پایین گذر اثر هموار کننده گی دارند و نویز های فرکانس بالا را حذف می کنند. پنجره های بزرگتر اثر بیشتری دارند. برای جلوگیری از تقویت کردن باید مجموع ضرایب پنجره یک گردد.

فیلترهای هموارکننده در این نرم افزار عبارتند از:

- Average (میانگین)
- Weighted Average (میانگین وزن دار)
- Gaussian LP (فیلتر پایین گذر گاوسی)
- Cos Smooth (فیلتر پایین گذر کسینوسی)
- ISO 562
- ISO 565

فیلتر میانگین Average

فیلتر میانگین ساده ترین نوع فیلتر پایین گذر است. تمام ضرایب پنجره یک است. این پنجره را می توان به صورت مستطیلی تنظیم نمود تا در یک جهت نویزها را حذف نمود. در صورتی که اندازه های پنجره خیلی بزرگ باشد تصویر خیلی هموار می گردد با بین همواری و کاهش نویز حد وسطی را انتخاب نمود.



Kernel Size (X , Y)

این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید.

Type

این پارامتر شکل پنجره را تنظیم می نماید.

مربعی ***Rectangular***

لوزی ***45 degrees***

دایره ای ***Circular***

برای مثال: پنجره 3x3 به صورت زیر است:

$$K = \frac{1}{Normal}\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1\end{bmatrix} \quad \text{Normal} = 9$$

Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

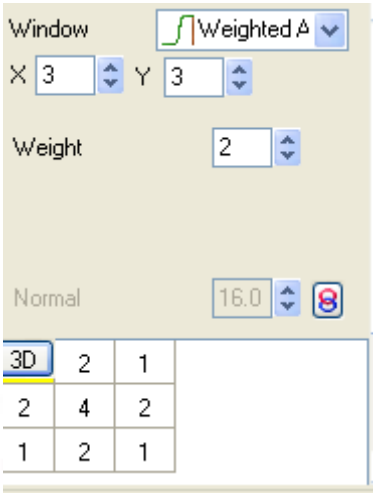
این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

فیلتر میانگین وزن دار (Weighted Average)

فیلتر میانگین وزن دار یک پنجره ۳*۳ با ضرایب معین به رابطه زیر است:

$$K(b) = \frac{1}{(b+1)}^2 \begin{bmatrix} 1 & b & 1 \\ b & b^2 & b \\ 1 & b & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Weight = b, Normal= } (b+1)^2$$

این فیلتربه نقطه مرکزی وزن بیشتری می دهد و تخریب کمتری در لبه ها ایجاد مینماید.



پارامتر **Weight** مقدار وزن را تعیین می نماید.

Normal

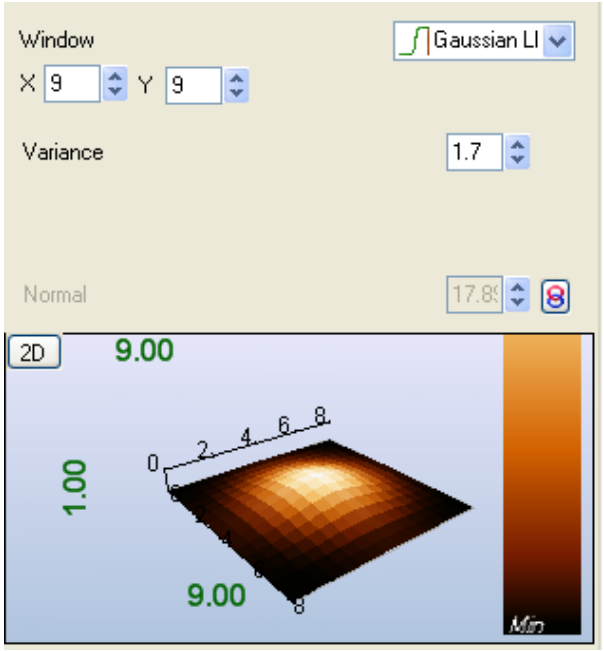
این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

فیلتر پایین گذر گوسی Gaussian Low Pass

نویزهای مشاهده در تصویر به صورت گاوسی هستند بنابراین از فیلترهای گوسی استفاده می گردد. فیلتر گاوسی دوبعدی با رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$K(i,j) = e^{-\frac{i+j}{2\sigma}} \ , \sigma = \textbf{Variance}$$



Kernel Size (X , Y)

این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید. برای فیلتر گاوسی بهتر است که اندازه پنجره به اندازه کافی بزرگ باشد.

Variance

این پارامتر انحراف معیار را در تابع تنظیم می نماید. افزایش انحراف معیار باعث اثر هموارکنندگی بیشتر می گردد.

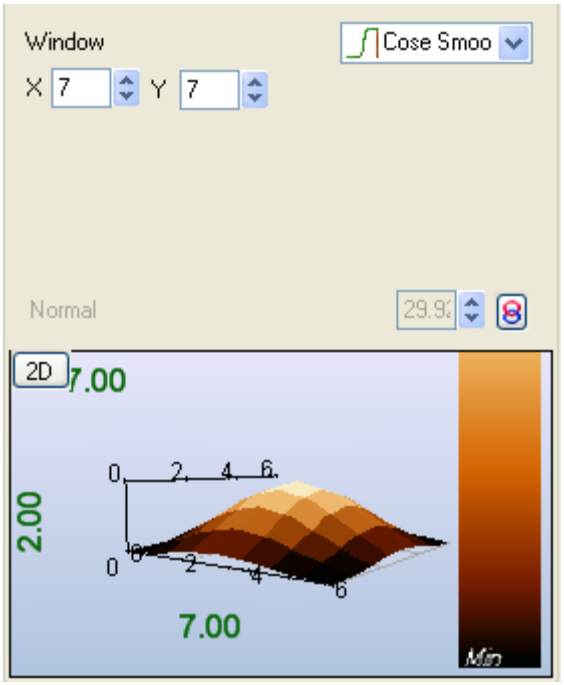
Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

فیلتر کسینوسی Cos Smooth LP (Low Pass)

فیلتر کسینوسی ساختاری همانند فیلتر گوسی دارد فقط جنس تابع کسینوسی است.



Kernel Size (X , Y)

این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید. برای فیلتر گاوسی بهتر است که اندازه پنجره به اندازه کافی بزرگ باشد

Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

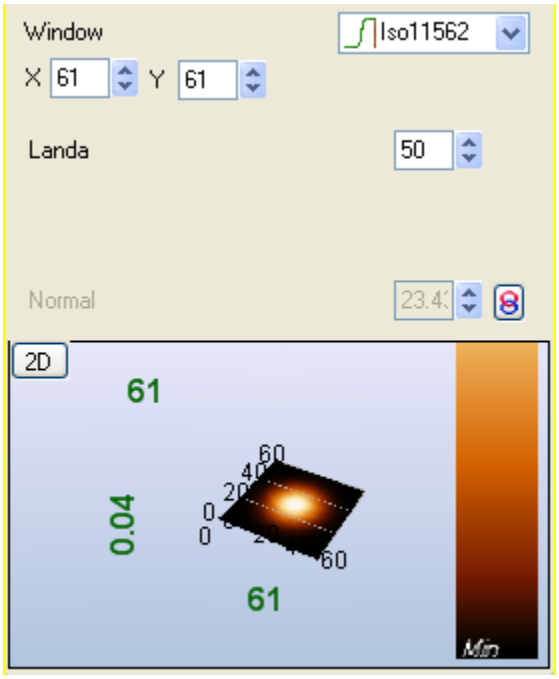
فیلتر ISO 562

فیلترهای ویژه ای با استفاده از استاندار های زیر ایجاد گردیده اند:

- ISO 11562 Gaussian Profile Filter for surface analysis
- ISO 13565 Deep Valley - Gaussian Profile Filter for surface analysis

فیلتر ISO 11562 نوعی فیلتر هموار کننده است. تابع توصیف کننده این فیلتر به صورت زیر است:

$$K(i,j) = \frac{1}{\alpha\lambda} e^{-\pi\frac{i^2+j^2}{(\alpha\lambda)^2}} \quad , \alpha = \sqrt{\frac{\ln(2)}{\pi}} = 0.4697 \quad , \lambda = \text{Landa} = \text{Cutoff frequency}$$



Kernel Size (X , Y)

این پارامتر اندزه فیلتر را تنظیم میکند. اندازه پنجره خیلی باید بزرگ باشد (حدود ٦٧*٦٧).اندازه پنجره باید ۵ برابر طول موج قطع باشد.

Landa

طول موج قطع پارامتر تابع است که باند عبور فیلتر را تعیین مینماید. (حدود ۰,۵)

Normal

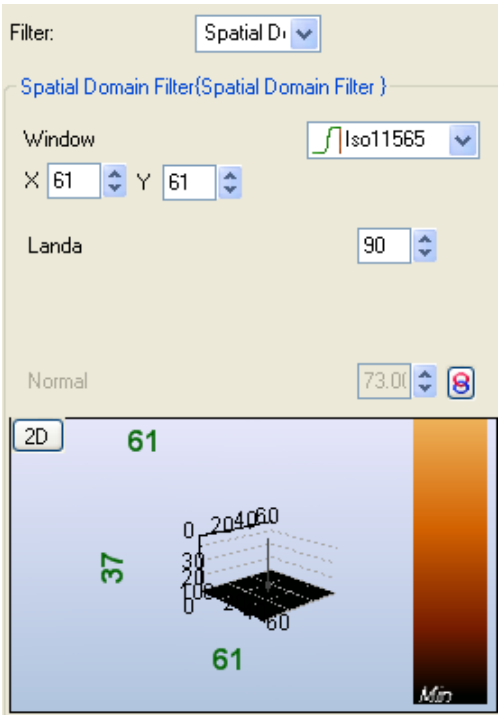
این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

ISO 565

این فیلتر بر عکس فیلتر ISO 13562 است و برای حذف نویز های فرکانس پایین قبل از محاسبه roughness استفاده می شود. پارامتر طول مج باید ۰,۲ کل طول پنجره باشد.

λ	evaluation length
0,8	4 mm
2,5	12,5 mm



Kernel Size (X , Y)

این پارامتر اندزه فیلتر را تنظیم میکند. اندازه پنجره خیلی باید بزرگ باشد (حدود ٦٧*٦٧).اندازه پنجره باید ٥ برابر طول موج قطع باشد.

Landa

طول موج قطع پارامتر تابع است که باند عبور فیلتر را تعیین مینماید. (حدود ٠,٥)

Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

فیلترهای لبه یاب

فیلترهای لبه یاب معمولا فیلتر بالا گذر نامیده می شوند زیرا آنها به فرکانس های بالا اجازه عبور می دهند و فرکانس های پایین را تضعیف می نمایند. فیلترها بالا گذر اثر لبه یابی دارند و نویز های فرکانس پایین را حذف می کنند و خیلی به نویز ها حساس هستند. برای جلوگیری از تقویت کردن باید مجموع قدر مطلق ضرایب پنجره یک گردد.

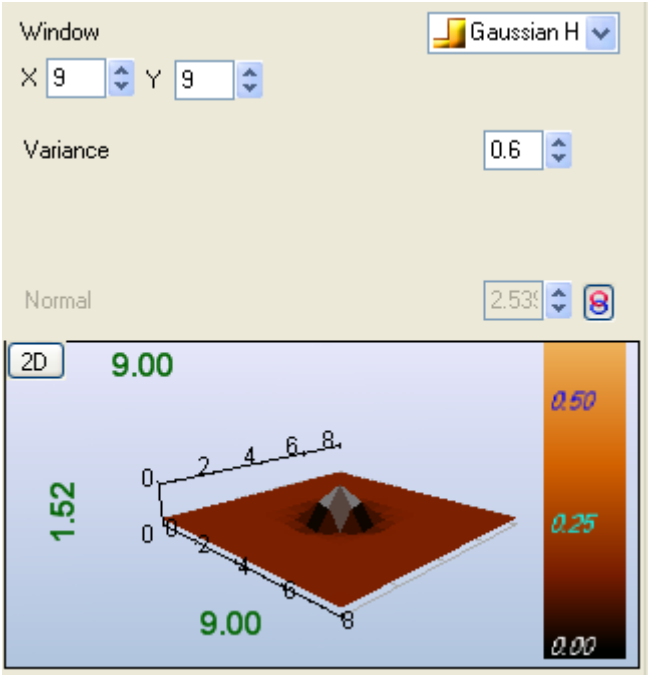
فیلترهای لبه یاب در این نرم افزار عبارتند از:

- Gaussian High Pass More
- Uni Crisp High Pass More
- Laplacian More
- Sobel More
- Perwit More
- Robert More
- First Derivative More
- Second Derivative More

فیلتر بالا گذر Gaussian High Pass

. فیلتر بالا گذرگاوسی دوبعدی از تفاضل تابع پایین گذر از تصویر اصلی بدست می آید و با رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$K(i,j) = 1 - e^{-\frac{i+j}{2SD}}$$, SD= **Variance**



Kernel Size (X , Y)

این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید. برای فیلتر گاوسی بهتر است که اندازه پنجره به اندازه کافی بزرگ باشد.

Variance

این پارامتر انحراف معیار را در تابع تنظیم می نماید. افزایش انحراف معیار باعث اثر هموارکنندگی بیشتر می گردد.

Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

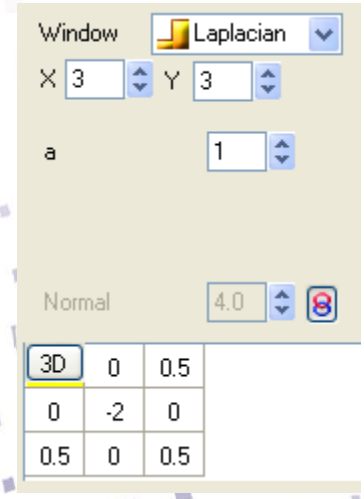
فیلتر Uni Crisp High Pass

فیلتر **UniCrisp** یک پنجره ۳*۳ با ضرایب ثابت به رابطه زیر است:

$$K = \frac{1}{Normal}\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{Normal} = 17$$

فیلتر لاپلاسین Laplacian

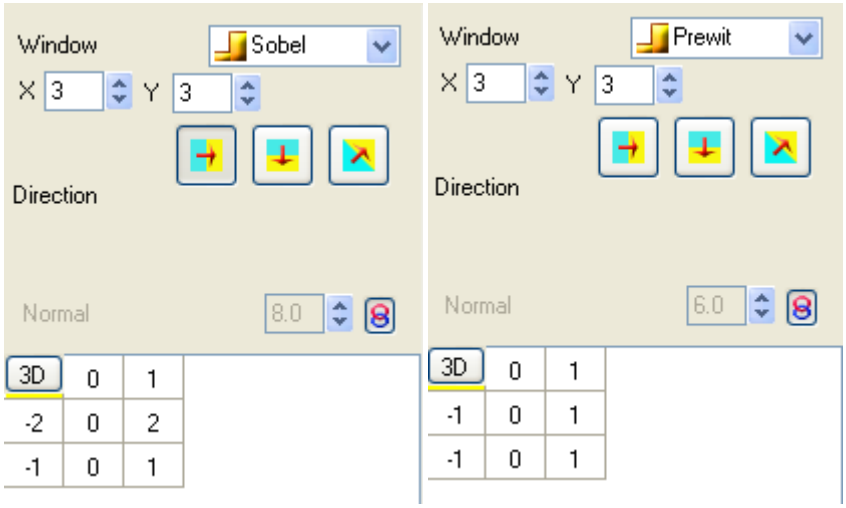
The Laplacian filter uses second derivative information about the intensity changes in an image through a difference equation. What is happening is that the difference of the center pixel is taken with every surrounding pixel, and then averaged. At edges this differential will be large and elsewhere it will be small, leaving highlights only in the areas where sharp differentials, or edges, occur. In the discrete domain the simplest approximation to the continuous Laplacian is to compute the difference of slopes along each axis.



Kernel size is fixed and a parameter set ????

Sobel or Prewit

فیلتر های **Sobel** یا **Prewit** مرز ها و لبه ها را بهبود می دهند. لبه در تصویر به اختلاف مقدار ارتفاع اطلاق می شود. این فیلترخا توانایی تعیین لبه های 0, 45, 90 را دارند.



پارامتر اندازه در این فیلترها ثابت 3×3 است.

Direction

جهت لبه های مورد نظر را تعیین می کند. چدول زیر پنجره های این فیلترها را معین می کند.

button	Sobel	Prewit
	$\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\-2 & 0 & 2\\-1 & 0 & 1\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\-1 & 0 & 1\\-1 & 0 & 1\end{bmatrix}$
	$\begin{bmatrix}-1 & -2 & -1\\0 & 0 & 0\\1 & 2 & 1\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}-1 & -1 & -1\\0 & 0 & 0\\1 & 1 & 1\end{bmatrix}$
	$\begin{bmatrix}-2 & -2 & 0\\-2 & 0 & 2\\0 & 2 & 2\end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix}-2 & -1 & 0\\-1 & 0 & 1\\0 & 1 & 2\end{bmatrix}$

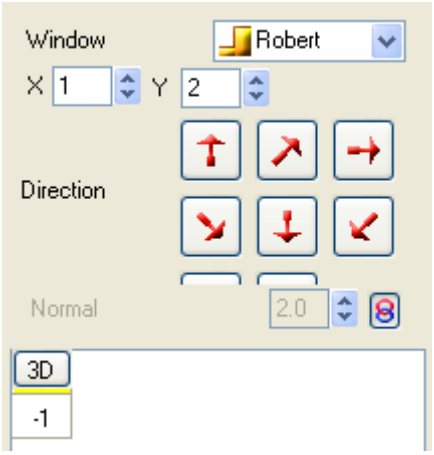
Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

Robert

فیلتر های **Robert** مرز ها و لبه ها را بر اساس مشتق مرتبه اول معین می کنند. فیلترها با جهت های مختلف در جدول زیر نمایش داده شده است:



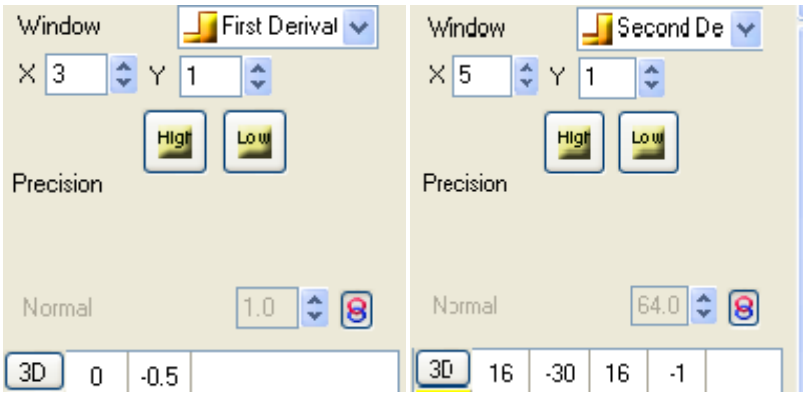
button	kernel	button	kernel
N	$\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	S	$\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$
NE	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	SW	$\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
E	$[-1 \quad 1]$	W	$[1 \quad -1]$
SE	$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	NW	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$

Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

First Derivative or Second Derivative



From code must be extracted

Laplacian Edge enhancement

The laplacian separates itself from the other edge enhancement filters because it uses second derivative information about the intensity changes in an image through a difference equation.

What is happening is that the difference of the center pixel is taken with every surrounding pixel, and then averaged. At edges this differential will be large and elsewhere it will be small, leaving highlights only in the areas where sharp differentials, or edges, occur. In the discrete domain the simplest approximation to the continuous Laplacian is to compute the difference of slopes along each axis.

The laplacian operator can be defined in a two-dimensional plane as :

2D(x,y) = □ 2 I (x,y) / □ 2 x + □ 2 I (x,y) / □ 2 y

In the discrete case it is approximated by the 4 connected grid as:

L(x,y)= -I(x-1,y) -I(x+1,y) -I(x,y-1) -I(x,y+1) +4I(x,y)

This four-neighborhood Laplacian can be generated the following kernel:

فیلترهای بیشتر More

تعدادی فیلتر وجود دارند که در دسته بندی بالا قرار نمی گیرند ودر پردازش تصاویر SPM مفید هستند که در نرم افزار NAMA Analysis در دسته**More** قرار گرفته اند:

Laplacian of Gaussian (LOG)/ Mexican Hat filters. More

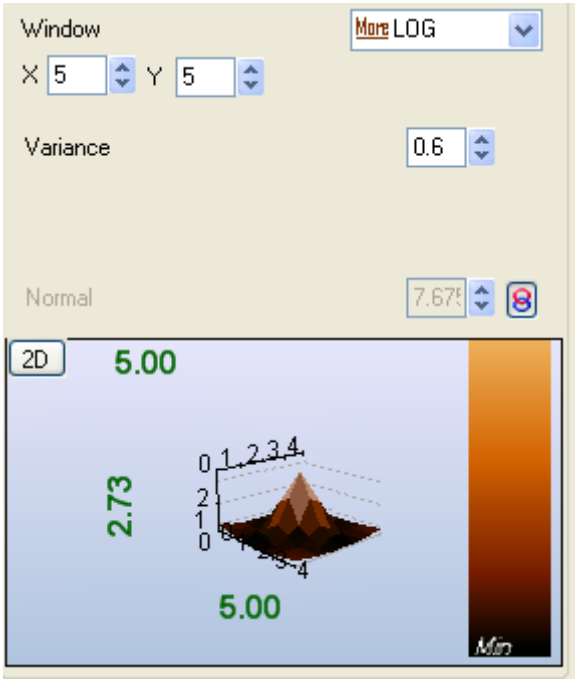
High Boost More

Custom More

فیلتر Laplacian of Gaussian (LOG)

فیلتر LOGترکیب فیلتر لاپلاسین با فیلتر گاوسی است و لبه های تیز را در تصویر حذف می کند وجزئیات تصویر را بهتر نشان می دهد و از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$K(i,j) = \frac{1}{\pi\sigma^4}\left(1 - \frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}} \quad , \sigma = \text{Variance}$$



فیلتر Log به فیلتر کلاه مکزیکی معروف است وبرای بهبود کنتراست تصویر استفاده می گردد.

Window (X, Y)

این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید. برای فیلتر LOG بهتر است که اندازه پنجره به اندازه کافی بزرگ باشد.

Variance

این پارامتر انحراف معیار را در تابع تنظیم می نماید. افزایش انحراف معیار باعث اثر بیشتر پنجره می گردد.

Normal

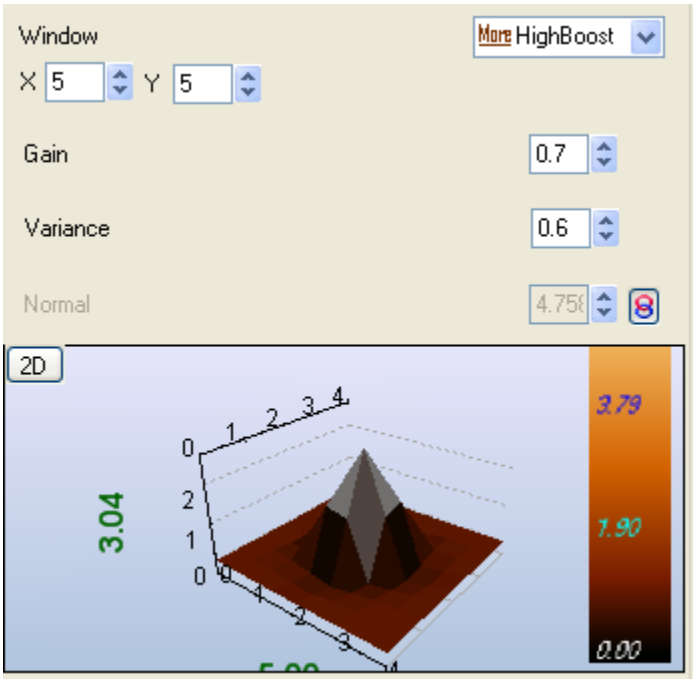
این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

فیلتر High Boost

فیلتر High Boost از ترکیب فیلتر بالاگذر گاوسی با درصدی از تصویر اصلی بدست می آید و در مجموع لبه بشتر تقویت می گردند.

High Boost = Gain*Original + High Pass



Window (X, Y)

این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید. برای فیلتر LOG بهتر است که اندازه پنجره به اندازه کافی بزرگ باشد.

Gain

این پارامتر ضریب تصویر اصلی را در حاصل جمع تعیین می نماید.

Variance

این پارامتر انحراف معیار را در تابع تنظیم می نماید. افزایش انحراف معیار باعث اثر بیشتر پنجره می گردد.

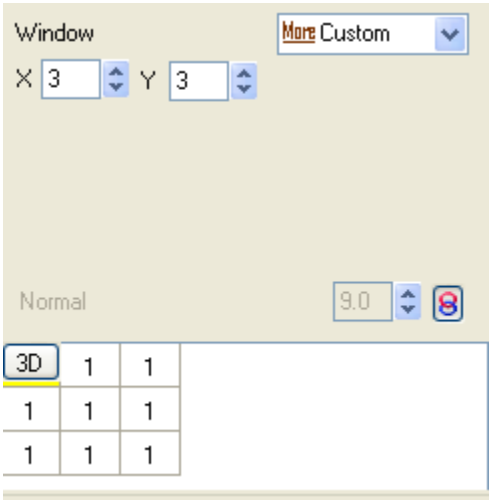
Normal

این پارامتر پنجره را نرمالیزه می کنند. در صورتی که مقدار این پارامتر زیادتر یا کم تر تنظیم شود به ترتیب تقویت و تضعیف می نماید.

این کلید پارامتر **Normal** را فعال می کند و کاربر میتواند در تصویر تقویت وتضعیف نماید

فیلتر Custom

فیلتر **Custom** فیلتری سات با پنجره دلخواه در نتیجه کاربر میتواند هر فیلتری را ایجاد نماید. در این فیلتر پنجره فعال می گردد و کاربر می تواند اعداد آن را به صورت دلخواه نغییر دهد.

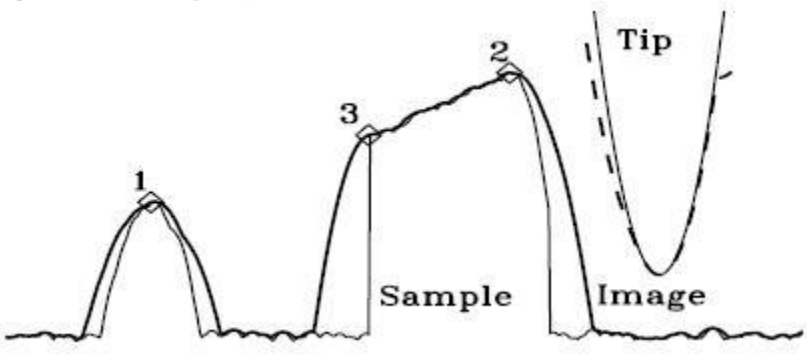


Window (X, Y)

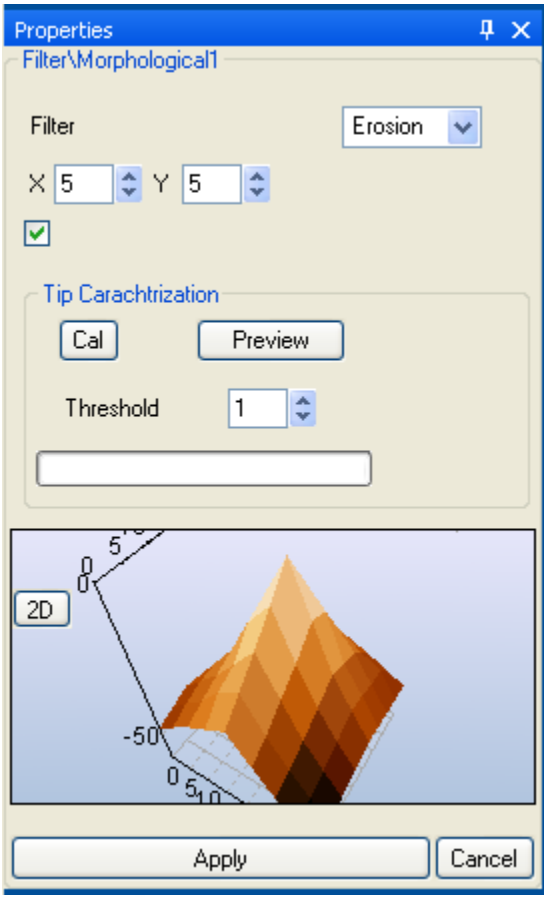
این پارامترها اندازه پنجره را تنظیم می نماید.

فیلترهای شکل شناسی (Morphological Filters)

فیلترهای شکل شناسی معمولاً برای بررسی اثر سوزن روی تصویر مورد استفاده قرار می گیرند. در نصویر برداری میکروسکوپ های روبشی سوزن پیمایشگر اثری هموار کننده بر روی لبه های تیز و دره های عمیق دارد



برای تعیین میزان تخریب سوزن و همچنین تخمین شکل سوزن از این فیلترها استفاده می شود.



فیلتر شکل شناسی

گزینه Filter نوع فیلتر اعمالی را معین می نماید:

- Erosion (سایش): کلیه نقاط تصویر با استفاده از شکل سوزن ساییده می شوند و اثر سوزن حذف می شود. این فیلتر برای بازسازی تصویر استفاده می شود.
- Dilation (گسترش): کلیه نقاط تصویر با استفاده از شکل سوزن گسترش می یابند و اثر سوزن بیشتر می شود و به نوعی اثر سوزن های بزرگتر درتخریب تصویر قابل بررسی می باشد.

گزینه های Nx و Ny به ترتیب اندازه سوزن تقریبی را در جهت افقی و عمودی تعیین می نمایند

گزینه Tip Characterization، فرایند تخمین سوزن را فعال می نماید. با تنظیم گزینه Threshold مقدار حساسیت روش قابل تنظیم که هر چه این عدد کمتر باشد حساسیت بالاتر است. با انتخاب کلید Cal فرایند تخمین سوزن شروع میشود. بعد از مدتی شکل سوزن تخمین زده می شود.

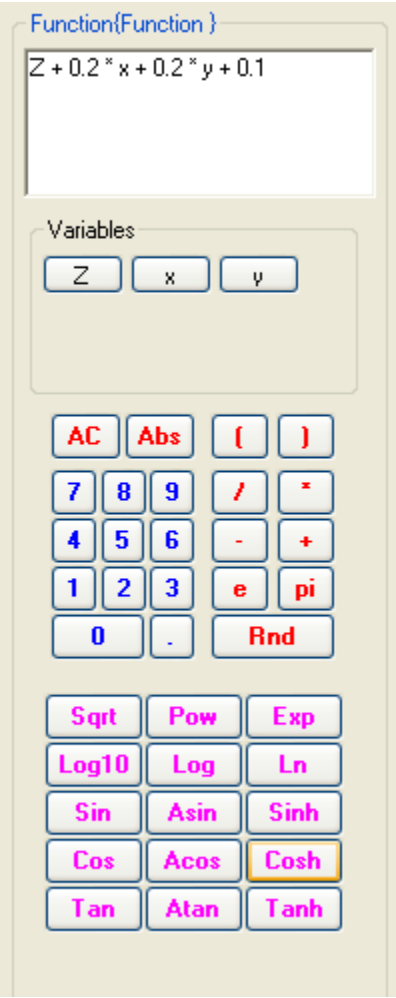
در پنجره زیر قابلیت نمایش دو بعدی و سه بعدی سوزن وجود دارد.

فیلترهای محاسباتی

فیلتر محاسباتی به کاربر امکان محاسبه دلخواه را روی تصویر و یا چند تصویر (در آینده) فراهم می نماید.

پنل این فیلتر از سه قسمت تشکیل می شود:

- ✓ صفحه نمایش
- ✓ متغییر ها
- ✓ صفحه کلید ها

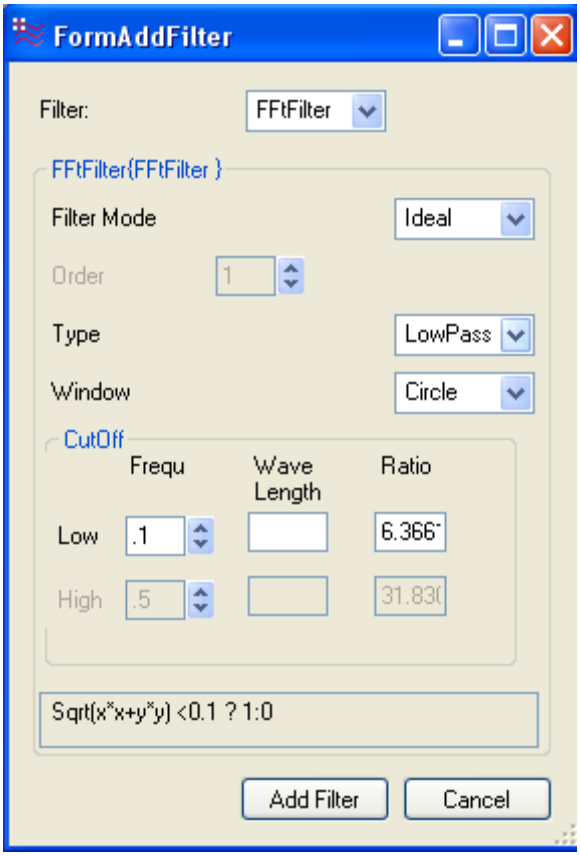


توضیح آنکه فیلتر **Logarithmic filter** یک فیلتر محاسبانی با تابع **"Log (Z)"** است و فیلتر **Inverse filter** یک فیلتر محاسبانی با تابع **"Z -"** است.

فیلتر فوریه Fourier

فیلترهای فوریه برای فیلتر کردن در حوزه فرکانس/ طول موج استفاده می شوند. این فیلتر ها یک باند از فرکانسها را عبور می دهند بنابراین به چهار دسته (Low-Pass, High-Pass, Band-Pass Band-Reject) تقسیم می شوند. روش های متفاوتی برای فیلتر کردن وجود دارند در این نرم افزار با توجه به کاربرد دو الگوریتم ایده ال و باتروورث استفاده شده اند.

فیلتر فرکانسی فقط به فوریه تصویر قابل اضافه شدن است بنابرا ین ابتدا از تصویر فوریه گرفته می شود سپس در درخت فوریه را انتخاب نموده و کلید انتخاب گردد.



فیلتر حوزه فرکانس

Filter Mode

گزینه Filter Mode روش اعمال فیلتر را تعیین می نماید:

Ideal

فیلتر ایده ال در حوزه فرکانس به تصویر اعمال می شود و بسته به نوع فیلتر، فرکانس های ناحیه حذف شده را دقیقاً حذف می کند.

Butterworth

فیلتر باتروورث در حوزه فرکانس به تصویر اعمال می شود و بسته به نوع فیلتر فرکانس های ناحیه حذف شده را با تقریب باتروث حذف می کند.

گزینه Order در فیلتر Butterworth درجه تقریب را در روش باتروث معین می نماید.

گزینه Type نوع فیلتر را تعیین می نماید:

Low Pass

این فیلتر ها عموما فرکانس های بالا و یا همان لبه های تیز را در تصویر حذف می کند و تصویر را هموارتر می نمایند.

High Pass

این فیلتر ها عموما فرکانس های پایین را حذف می کند و یا لبه های تیز را در تصویر آشکار می کنند.

Band Pass

این فیلتر ها عموما فرکانس های بالا و پایین را حذف می کند و برای بررسی سطوح تکرار پذیر مناسب است.

Band Reject

این فیلتر ها عموما فرکانس های بالا و پایین را نگه می دارند و برای حذف نویز های تکرار پذیر مانند نویز برق شهر مناسب است.

گزینه Window شکل فیلتر را تعیین می نماید:

Circle

شکل این فیلتر در فضای دوبعدی به صورت دایره می باشد.

Rectangle

شکل این فیلتر در فضای دوبعدی به صورت مستطیل می باشد.

Diamond

شکل این فیلتر در فضای دوبعدی به صورت لوزی می باشد.

گزینه CutOff فرکانسهای قطع فیلتر را تعیین می نماید.

فرکانس های قطع Cutoff

فرکانسهای قطع بالا و پایین فیلتر در این پنل تنظیم می گردند. مقدار فرکانس برحسب هرتز ، طول موج و درصد نمایش داده می شود.

Filter String

در این پنل تابع فیلتر نمایش اده می شود.