

# به نام خدا

موضوع:

CMM ها در صنعت

( Coordinate Measuring Machine )

تهیه کنندگان :

گره نرم افزاری خاتم توس

درس: طراحی ماشین ابزار

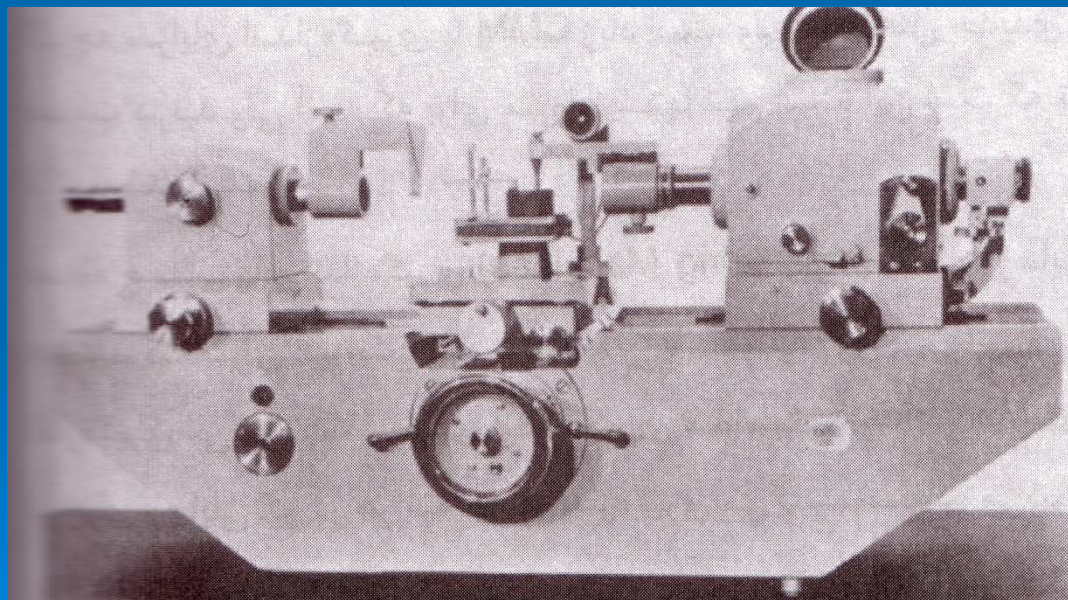
## مقدمه

ماشین های اندازه گیری مختصات (CMM) از وسایل مترولوژیکی بسیار قوی هستند. با استفاده از این ماشین ها می توانید مختصات سه بعدی کامل یک قطعه را به دست آورید.



وقتی که یک کامپیوتر به ماشین CMM وصل شود می توانید به طور اتوماتیک اندازه گیری های پیچیده را انجام داده و آن را با مشخصه های مورد انتظار از قطعه کار مقایسه کنید.

به جاي انجام اندازه گيري با وسايل اندازه گيري تک محوره (میکرومترها، کولیس هاي ارتفاع سنج و...) که وقت زيادي را هم مي گيرند مي توانيد با استفاده از ماشين هاي CMM قطعه کارهاي پیچیده را با دقت و سرعت اندازه بگيريد. همچنين براي آناليزها يا مقايسه هاي بعدي مي توانيد داده هاي بدست آمده را ذخيره بکنيد



## پیشرفت های ماشین های اندازه گیری مختصات

در سال ۱۹۶۰ ماشین های CMM به عنوان ابزارهای قوی مطرح شدند با ظهور میکروپروسورها سازندگان به قدرت واقعی ماشین های CMM پی بردند. ترکیب CMM و توانایی کامپیوتر در پردازش داده ها باعث می شود که بتوان از این سیستم ها در موارد مختلف به صورت مناسب و مؤثر استفاده کرد.

## نقش CMM

علت اینکه سازندگان علاقه زیادی به ماشین های CMM نشان می دهند. کاهش زمان بازرسی در حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد می باشد بعضی ها پیش بینی می کنند که ماشین های CMM جایگزین دیگر روشهای بازرسی در صنعت خواهند شد ولی این بازرسی ها در حالت های خاصی خواهند بود. اکثر کاربردهای CMM محدود به کاربردهای خاصی از روشهای اندازه گیری در خط تولید باقی خواهند ماند.

. یک ماشین CMM از صفحه صافی به عنوان رفرنس و تکیه گاه استفاده می کند .  
بنابراین کاربرد ماشین های CMM در کارهایی خواهد بود که به آنها کار صفحه ای  
(Plate Work) گفته می شود.

ماشین های CMM اکثراً در ساخت و تولید به کار می روند مخصوصاً در جاهایی  
که ترکیبی از معیارهای زیر لازم باشد:

۱- **زمان کاری کوتاه** : ممکن است لازم باشد از یک قطعه به تعداد صدها یا حتی  
هزاران عدد تولید شود ولی زمان تولید برای توجیه هزینه ابزارهای بازرسی  
کافی نباشد

۲- **وجود مشخصه های متعدد** : وقتی که مشخصه های زیادی اعم از ابعادی و هندسی  
بایستی کنترل شوند CMM وسیله ای خواهد بود که خواهد توانست کنترل این  
مشخصه ها را بر راحتی و به طور اقتصادی انجام دهد.

۳-قابلیت انعطاف : بدون وجود این قابلیت استثنایی قابلیتهای شماره ۱ و ۲ ممکن نخواهد بود.

۴-هزینه های بالا : در مواردی که دوباره کاری یا معیوب شدن قطعه کار هزینه های زیادی را داشته باشد ماشین های CMM به طور مؤثری باعث افزایش قطعات مورد قبول خواهند شد .

۵-وقفه در تولید : وقتی که مجبور هستید قبل از اینکه عمل ماشینکاری بعدی را روی قطعه کار انجام دهید آن را کنترل کنید بهتر خواهد بود که از ماشین های ابزار سنتر ( Machining Center ) استفاده کنید زیرا باعث کاهش زمان تلف شده و در نتیجه صرفه جویی در هزینه ها خواهد شد

## و دیگر علل استفاده از دستگاه CMM

الف – قابلیت اندازه گیری ترانس های فرم و وضعیت

ب – قابلیت برنامه نویسی

ج – قابلیت اندازه گیری پیوسته (Scanning)

ه – قابلیت تولید برنامه های اندازه گیری

و – تعریف ریاضی محورهای بصورت ساده

ز – اندازه گیری اپتیکی



## نکاتی دیگر در مورد CMM ها

**SCANING:** یکی از مهمترین تواناییهای این دستگاهها کنترل فرم سطح منحنی می باشد. بعنوان مثال بادامک و یا سطح یک قالب پرس گلگیر اتومبیل و یا پروانه یک توربین و یا پروانه موتور هواپیما هریک دارای منحنی هایی هستند . این اندازه گیری را که به آن **scanning** گویند به صورت تماس نقطه – نقطه انجام می گیرد پراپ دستگاه تمام سطوح خارجی و داخلی قطعه را لمس می کند و مختصات آن نقاط را در حافظه ثبت می نماید و در نهایت با شبیه سازی می تواند یک شکل سه بعدی از قطعه را نشان دهد.

**برق:** این دستگاه با برق یک فاز و ۲۲۰ ولت کار می کند .

**فندانسیون:** این دستگاه در دو نوع کارگاهی و مخصوص ( airbring-roiler bring ) ساخته می شوند که نوع کارگاهی آن فندانسیون چندانی مورد ندارد و تنها با چند سانتی متر بتون می توان نصب کرد ولی در نوع مخصوص آن باید فندانسیون و خصوصی که از سیمان و لاستیک و ... تشکیل شده است استفاده نمود.

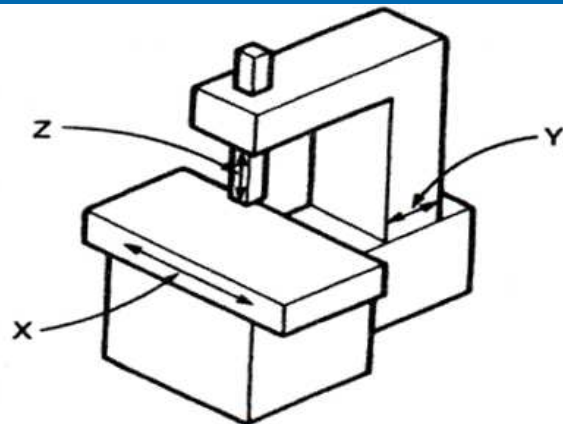


# انواع ماشین های اندازه گیری مختصات

یک ماشین CMM دارای سه محور عمود بر هم می باشد

## ۱- نوع طره ای (Cantilever Type)

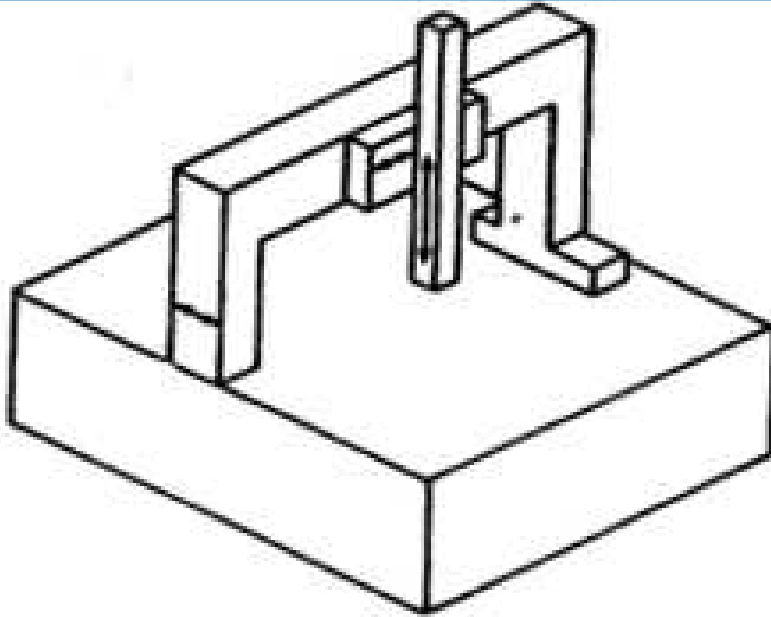
در نوع طره ای یک پروب عمودی در راستای محور Z حرکت می کند و به وسیله یک بازوی طره ای که در راستای محور Y حرکت می کند حمل می شود همچنین این بازو عمود بر محور X حرکت می کند دسترسی به قطعه کار راحت بوده و بدون اینکه فضای زیادی از کف اتاق اشغال شود پوش نسبتاً بزرگی در این نوع از ماشین های CMM وجود دارد.



نوع بازوی طره ای با میز متحرک A.

## ۲- نوع پلی (Bridge type)

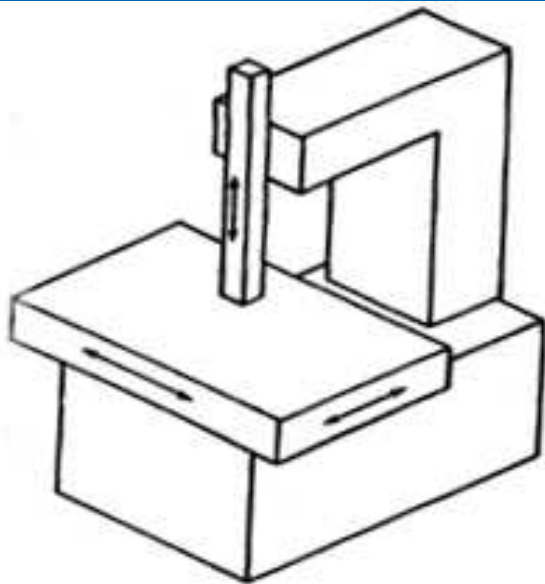
متداولترین نوع از CMM ها هستند. این ماشین ها دارای یک پل متحرک است. این نوع مشابه نوع طره ای است زیرا تیکه گاهی برای انتهای بیرونی محور Y روی پایه وجود دارد. ساختمان پل مانند، باعث افزایش صلیب ماشین شود ولی بایستی این اطمینان نیز حاصل شود که هر دو انتهای محور Y با سرعت دقیقاً یکسانی حرکت می کنند.



نوع پلی متحرک B.

## ۳- نوع ستونی (Column type)

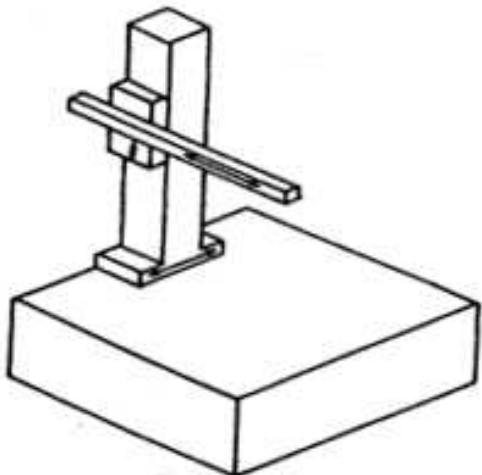
ساختمان این نوع CMM مشابه نوع متداول جیگ بر (ماشین سوراخکاری دقیق) بوده و غالباً به این ماشین ها به جای CMM ماشین اندازه گیری عمومی گفته می شود. ساختمان این نوع از CMM ها دارای صلبیت و صحت استثنایی است و معمولاً این نوع از ماشین ها ترجیحاً در اتاقهای اندازه گیری به کار می روند.



نوع ستونی C.

## ۴-نوع بازوي افقي (Horizontal arm type)

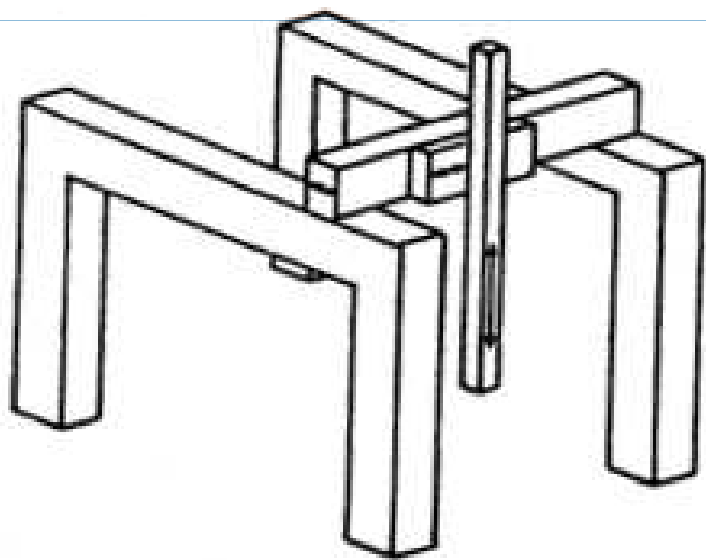
برخلاف ماشين هاي قبلي اين نوع از ماشين هاي CMM داراي يک بازوي متحرک هستند و پروب نيز در راستاي محور Y حمل مي شود. مزيت مهم اين ماشين در ايجاد فضاي کاري بزرگ و غير مزاحم مي باشد که براي قطعات بزرگ همانند قالب هاي اتومبيل مناسب مي باشد. در طرح ديگري که براي اين نوع وجود دارد پروب به محور Y پروب ثابت شده و از يک ميز کاري متحرک براي محور Y استفاده شده است. به اين نوع بازوي ثابت (Fixed arm) گفته مي شود. نوعي که در آن هم بازو و هم ميز حرکت کند خيلي کم توليد مي شود



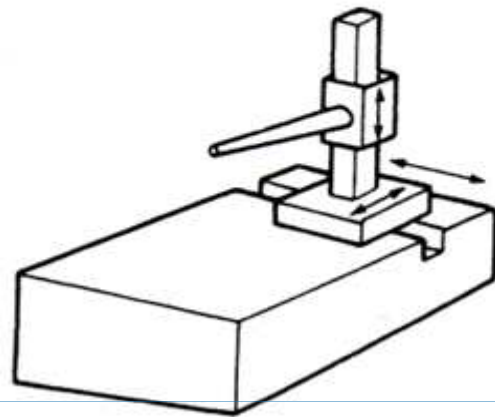
D. نوع بازوي افقي با بازوي متحرک

## ۵- نوع چهارپایه ای (Gantry type)

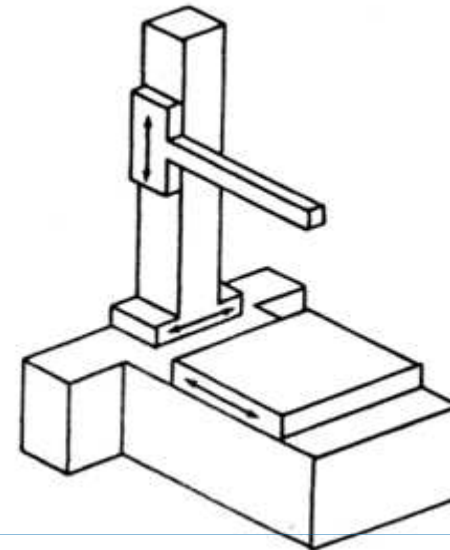
در این نوع تکیه گاه قطعه کار بستگی به محورهای X و Y ندارد. هر دوی این محورها به وسیله چهار ستون نگه داشته شده اند. اپراتور می تواند همراه با پروب حرکت کند که در قطعات خیلی بزرگ یک مزیت محسوب می شود.



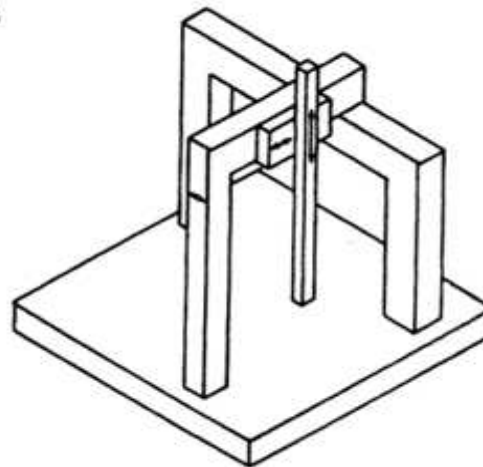
نوع دروازه ای E.



نوع بازوی افقی با میز ثابت



نوع بازوی افقی با میز متحرک



نوع پلی L شکل

## انواع CMM از نظر نوع حرکت

دستگاه با توجه به دقت و نوع حرکت در دو نوع گوناگون ساخته می شوند :

**الف - cmm airbring** : در سیستم های airbring نیروی محرکه در حقیقت

فشار هوا و نیروی دست اپراتور می باشند با استفاده از فشار هوا نیروی

اصطکاک بین محورها و بدنه دستگاه کم گشته و در حقیقت محورها بر روی

بالشتکی از هوا قرار می گیرند و با نیروی دست می توان محورها را حرکت

داد. استفاده از این نوع cmm ها که معمولاً با دقت میکرون کار می کنند .

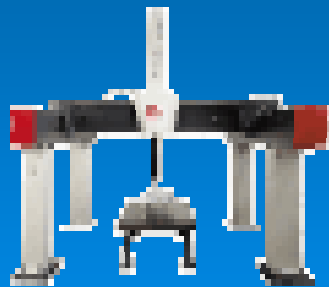
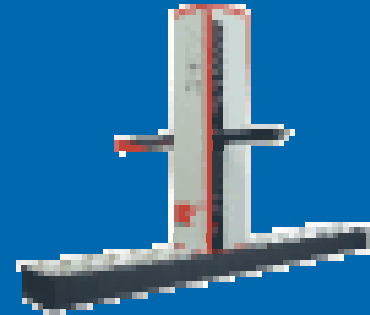
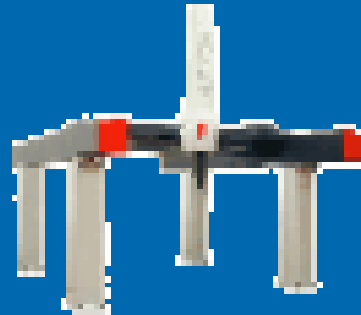
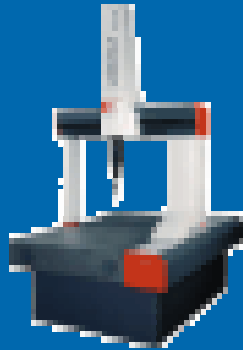
**ب- cmm roiler bring** : در سیستم roiler bring محورها که توسط بلبرینگ

روی بدنه دستگاه نصب شده است توسط دنده شانه ای و چرخ دنده های مربوط

به آن به حرکت در می آید دقت اندازه گیری در این نوع cmm ها در حد صدم

می باشد.





## کاربردهای CMM :

CMM ها در صنایع مختلف کاربردیهای فراوانی دارند، ولی از نظر اجرایی معمولاً به دو روش کار می کنند:

۱- اندازه گیری تلورانس های هندسی

۲- اسکن سطوح آزاد



## اکنون تلورانس های هندسی را به اجمال معرفی می کنیم:

- ۱- راستی Straightness
- ۲- تختی flatness
- ۳- گردی circularity
- ۴- پروفیل یک خط Profile Of Any Line
- ۵- پروفیل یک سطح Profile Of Any Surface
- ۶- توازی Parallelism
- ۷- تعامد Perpendicularity
- ۸- زاویه داری Angularity
- ۹- وضعیت Position
- ۱۰- هم مرکزی Concentricity
- ۱۱- هم محوری Coaxiality
- ۱۲- تقارن Symmetry
- ۱۳- دویدگی دایروی Circular Run-out
- ۱۴- دویدگی کامل Total Run-out
- ۱۵- استوانه سانی Cylindercity

## اسکن سطوح آزاد :

يکي از مهمترين توانايي هاي CMM کنترل فرم سطوح منحنی می باشد.  
اسکن يك سطح توسط پروب هاي مخصوص آن انجام می شود و به دو صورت اسکن نقطه به نقطه و اسکن پیوسته انجام می شود بدین ترتیب که پروب تمام سطوح داخلی و خارجی قطعه را اسکن کرده و مختصات نقاط را ثبت می کند و سپس با استفاده از نرم افزار و باکمک شبیه سازی می تواند يك شکل سه بعدی از آن بوجود آورد



## مدهاي عملكردي

ماشين هاي CMM داراي مدهاي عملكردي زيادي هستند ولي مي توان آنها

را به چهار مد عملكردي عمومي تقسيم كرد:

۱-دستي

۲-دستي به كمك كامپيوتر

۳-خودكار به كمك كامپيوتر

۴-كنترل مستقيم به وسيله كامپيوتر



# ساختار ماشین CMM

سخت افزار: قسمتهای مختلف یک دستگاه CMM در شکل بعد نشان داده می شود عبارتند از:

۱- راهنمای محور X

۲- قوای محرکه سیستم

۳- روکش بالشتکهای هر سه محور دستگاه

۴- خط کش

۵ و ۶- پل فلزی و ستون راهنمای محور y دستگاه

۷- ستون محور Z دستگاه

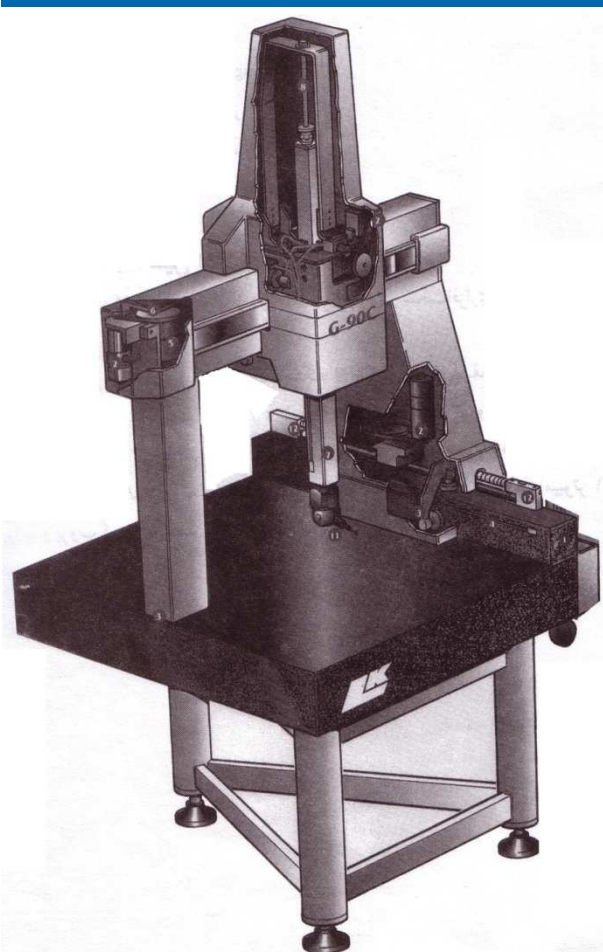
۸- قطعه تعادل ستون محور Z

۹- کابین برق دستگاه

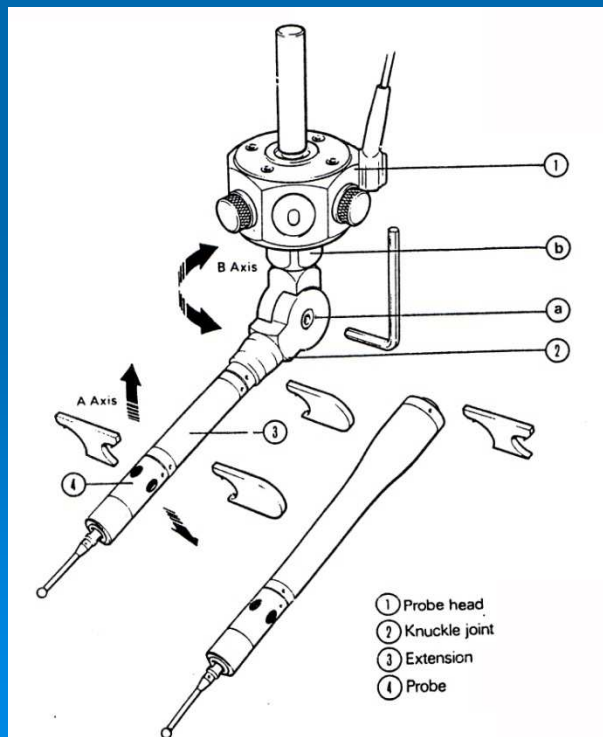
۱۰- کامپیوتر

۱۱- پراپ و پروب گیر

۱۲- سنسورهای توقف اضطراری



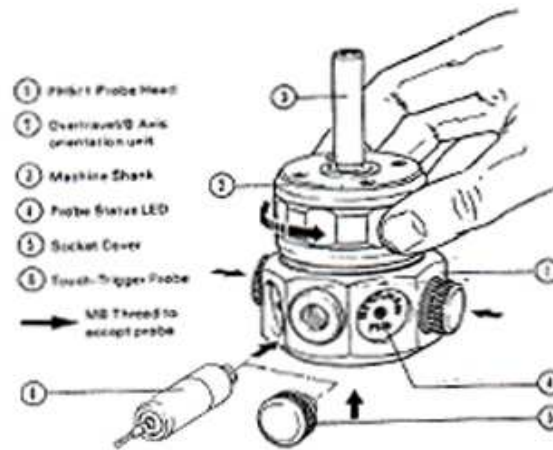
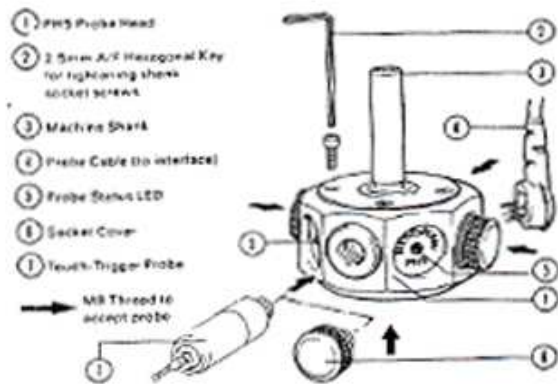
سیستم حساس (پراب) **Probe system**: حساسه ها و سائلی هستند که از جنس یا قوت مصنوعی و به شکل های کروی – دیسکی – استوانه ای کاسه ای و در قطر ها و طول های مختلف ساخته می شوند. این حساسه توسط وسایل الکترونیکی به واحد کنترل دستگاه CMM متصل می باشند. بابر خورد این حساسه به سطح قطعه کار و با وارد کردن حداقل ۱۰ گرم نیرو کافی است مختصات نقطه مورد نظر در واحد کنترل دستگاه ثبت گردد. حساسه ها در دو نوع مکانیکی الکترونیکی و لیزری ساخته می شوند.



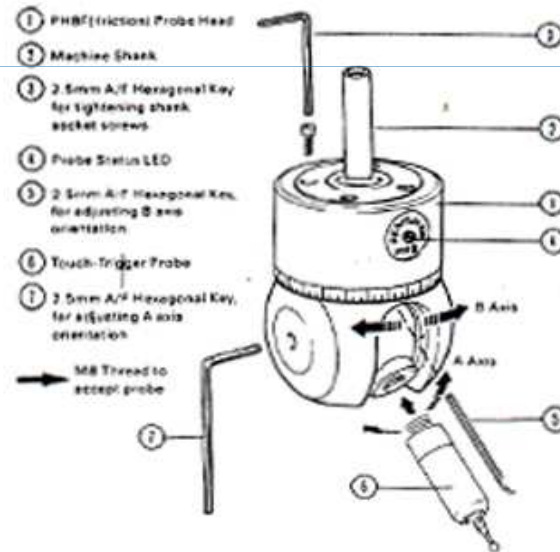
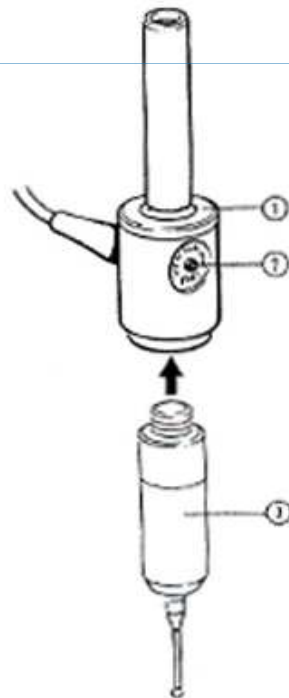
**الف** – حساسه های مکانیکی الکترونیکی: این حساسه ها بالمس سطوح سیکنال هایی به واحد کنترل مرکزی ارسال می کنند.

**ب** – حساسه لیزری توان به کمک آن بدون لمس قطعه توسط پراب قطعات را اندازه گیری کرد





- 1 PHS Probe Head/Shank assembly with integral probe cable  
 1 Probe Status LED  
 2 Touch-Trigger Probe  
 MB Thread to accept probe



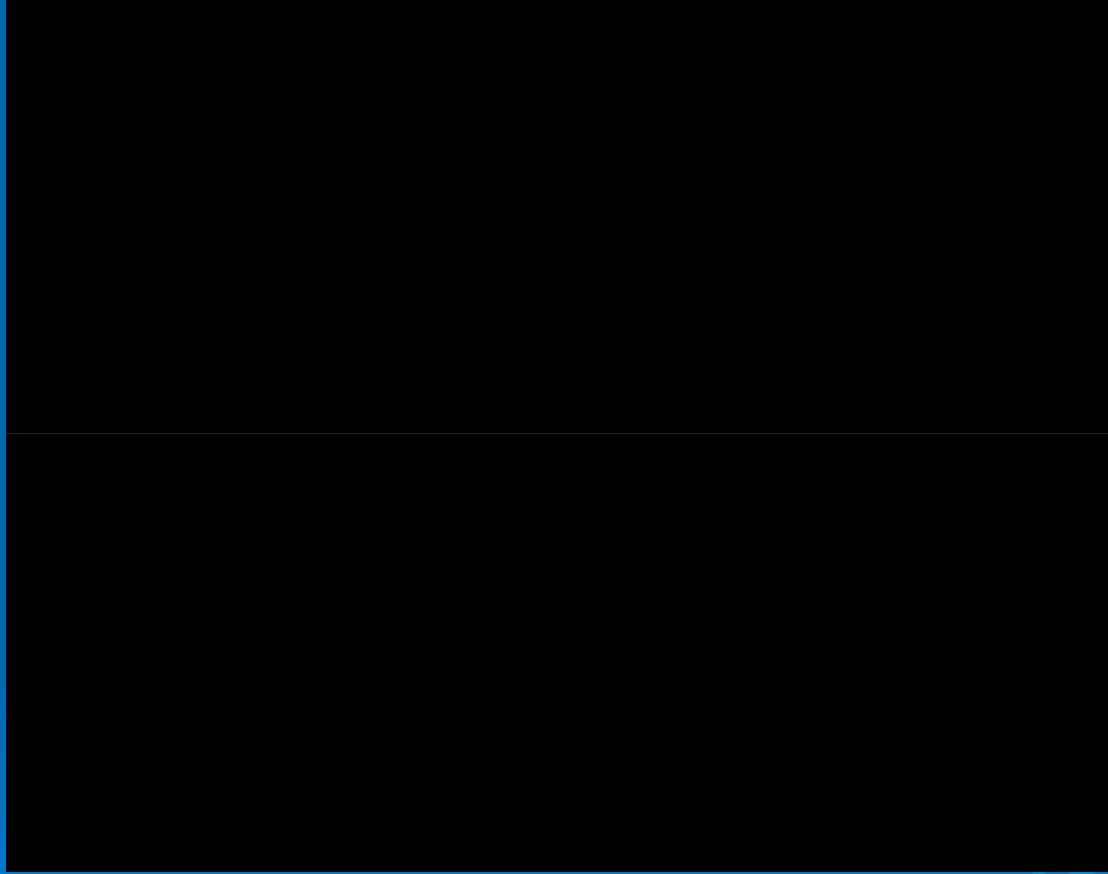
مشخصاتی که نرم افزار جهت شناسایی یک پراب به آن نیاز دارد عبارت است از :

۱- قطر پراب

۲- مختصات مرکز کره پراب

**کره مبنا:** وسیله ای برای کالیبره کردن و معرفی پرابها و قطر و موقعیت آنها به کار می رود که لازم است قبل از شروع اندازه گیری و هر بار خاموش و روشن کردن دستگاه ابتدا پرابها با کره مبنا کالیبره و سپس اقدام به اندازه گیری نماییم .

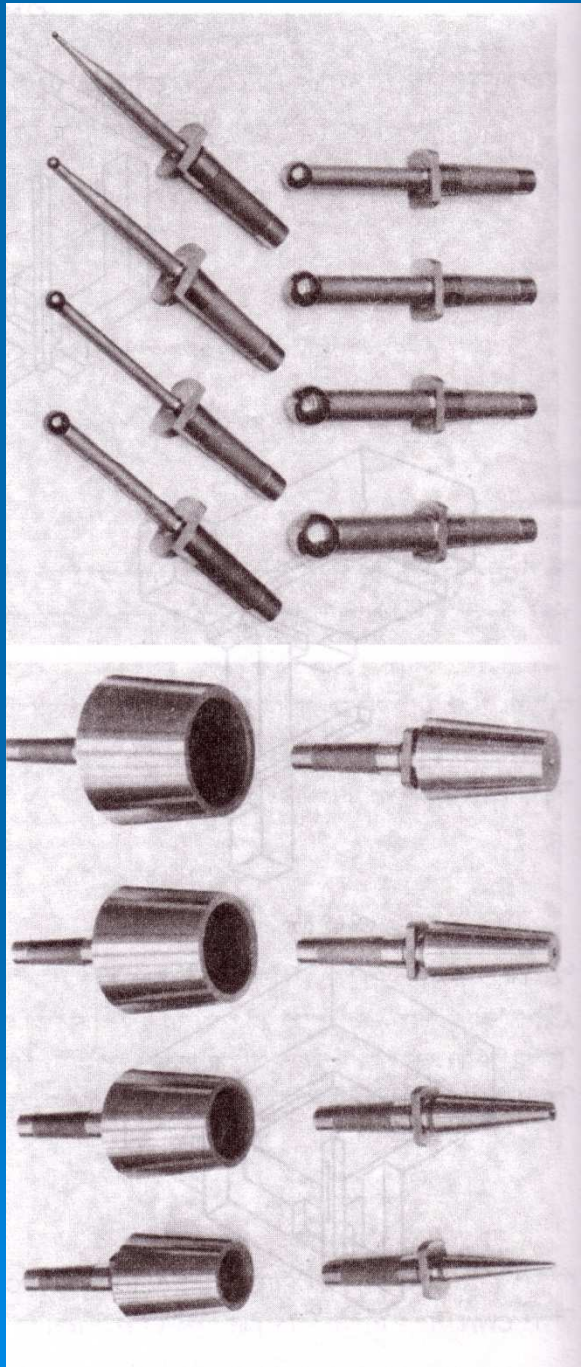
**سنگ گرانیتی:** با توجه به دقت عمل این دستگاه و دقت اندازه گیری و اصول اندازه گیری باید ابتدا سطح صاف و مینایی داشته باشیم تا بتوان قطعه را نسبت به آن سطح محکم کرده و سپس نسبت به سطح مبنا (رفرنس) اندازه گیری را آغاز کرد.

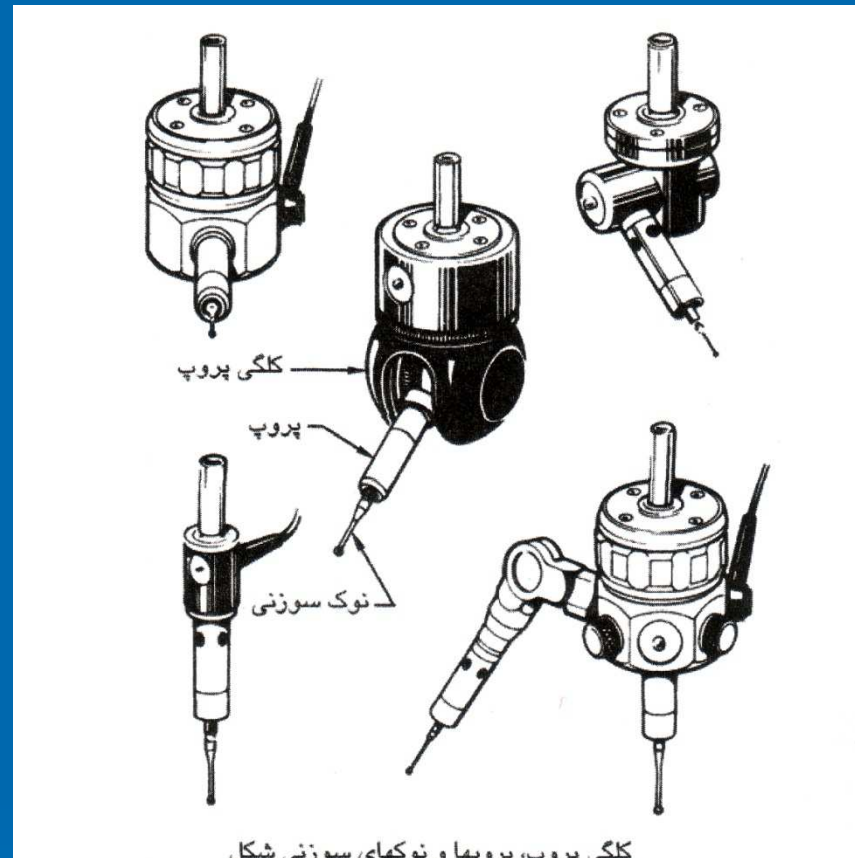
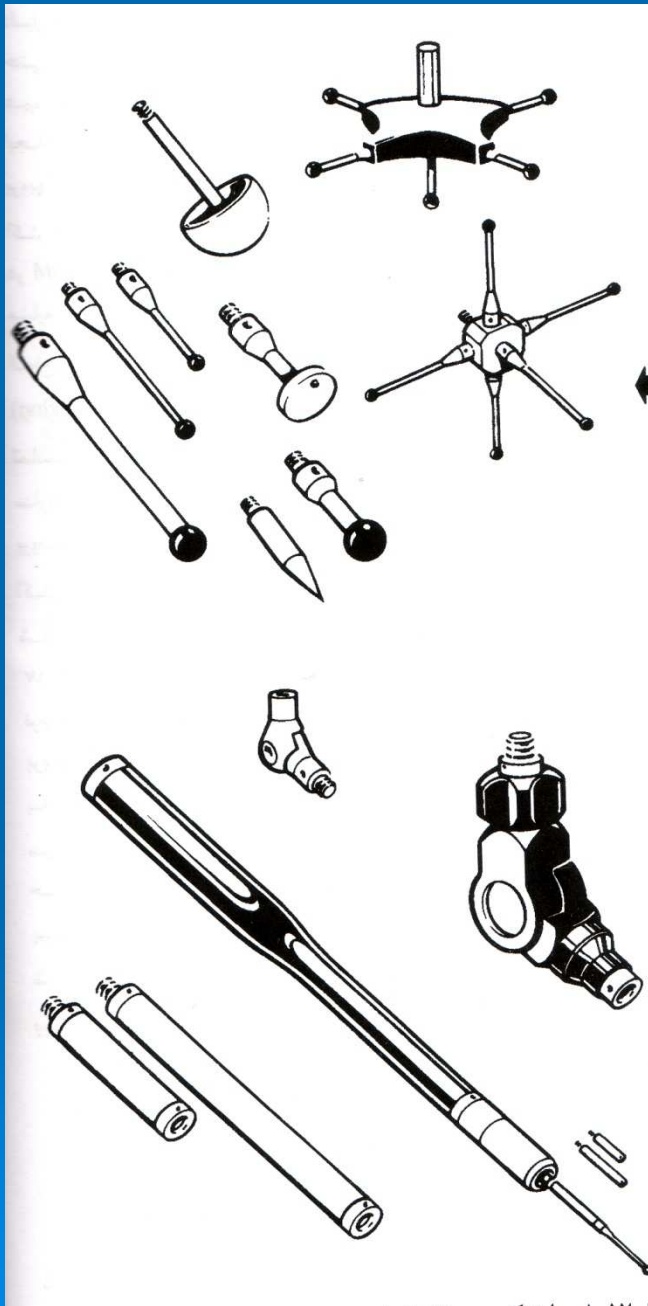


## انواع پروب ها

سه نوع پروب متداول در CMM ها وجود دارد که از بین آنها انواع سخت (Hard) و نرم (Soft) متداول تر هستند و نوع دیگر نوع غیر تماسی (Noncontact) می باشد

به بعضی دیگر از CMM ها نیز می توان دوربین های تلویزیونی و دستگاه های لیزری وصل کرد





کلگی، پروپ، پروپها و نوکهای سوزنی شکل

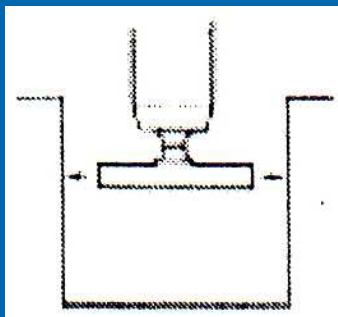
## سوزن Styli :

این بخش از سیستم کاوشگری در تماس مستقیم با قطعه است و در حقیقت با برخورد نوک پروب به سطح قطعه است که عملیات کاوش و بررسی مشخصه های هندسی قطعه، شروع می شود. نکته بسیار مهم در ساخت يك سوزن، استفاده از يك جنس بسیار سخت در نوک سوزن است تا در اثر نیروی برخورد، اثرات لهیدگی و از فرم خارج شدن در اندازه گیری تأثیر نگذارد. برای رفع این مشکل از جنس های سختی مانند یاقوت، کاربید تنگستن، سرامیک، فولاد و آلومینیوم سختکاری شده در ساخت نوک پروب استفاده می شود. جنس غالب یاقوت است.

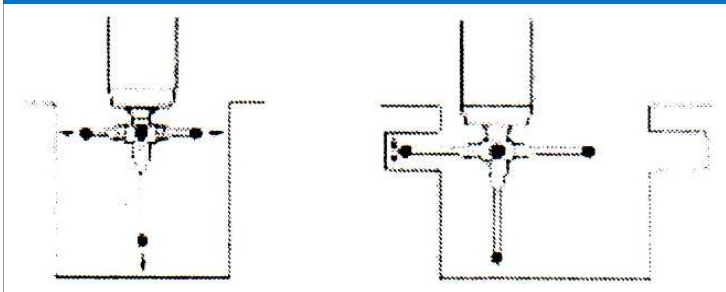




**سوزن دیسکی:** از این نوع سوزن ها برای کاوش برش های زیری و شیارها استفاده می شود جنس نوک این نوع سوزن ها ممکن است از آلیاژ آلومینیوم سختکاری شده باشد.

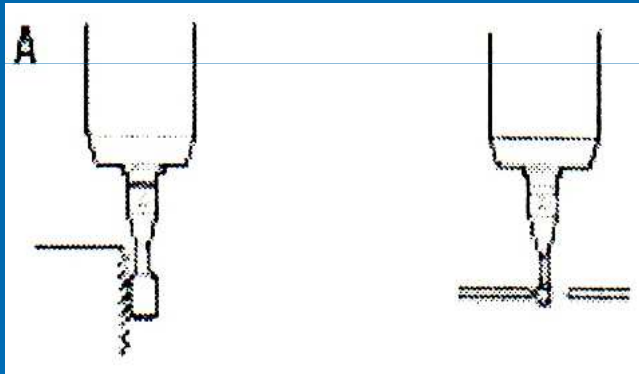


**سوزن ستاره:** این سوزن ها می توانند برای پهناهای مختلفی از مشخصه های هندسی و ابعادی به کار روند. با استفاده از سوزن ستاره ای برای بازرسی نقاط دور از دسترس مشخصه های هندسی و ابعادی و هندسی داخلی مانند گوشه ها یا شیارها در یک سوراخ، نیاز برای حرکت پروب کم می شود و استفاده از ترکیب های مختلف سوزن کاهش می یابد. هر نوک در یک مجموعه سوزن های ستاره ای یک توصیف و شناسایی به شیوه مشابه یک سوزن تنها (تک کره) نیاز دارد.



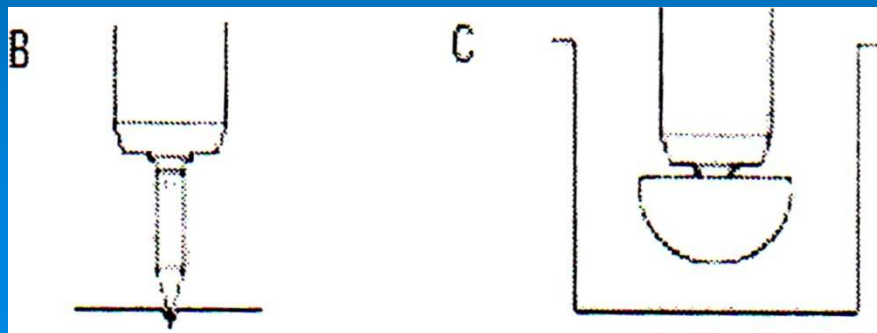


**سوزن استوانه اي :** اين سوزن ها در كاوش سوراخ ها در مواد ورقه اي نازك،  
مشخصه هاي هندسي دندانان اي مختلف و تعيين موقعيت مراكز سوراخ هاي قلاويز  
شده مورد استفاده قرار مي گيرد. سوزن استوانه اي كه نوک آن گرد است، اجازه  
توصيف كامل و كاوش در مسيرهاي X و Y و Z را مي دهد. استوانه ممكن است  
از جنس هاي مختلفی از جمله ياقوت سبز مصنوعي، فولاد سخت ضد مغناطيس و  
يا سراميك ساخته شود.



**سوزن عقربه اي:** اين سوزن ها در كاوشگري در صفحه XY نبايد استفاده شود و براي اندازه گيري شكل هاي دندانان اي، نقاط مخصوص و خطوط ترسيم شده (با درستي كمتر) طراحي شده است استفاده از سوزن عقربه اي كه در انتها شعاع دار است. اجازه به وجود آمدن درستي بيشتر در مبناسازي و كاوشگري مشخصه هاي هندسي را مي دهد و همچنين مي تواند براي بازرسي سوراخ هاي بسيار ريز بكار رود. شكل B

**سوزن كروي تو خالي:** اين سوزن ها براي كاوشگري مشخصه هاي هندسي داراي عمق و سوراخ هايي در جهت هاي X و Y و Z و با نياز به توصيف و شناسايي تنها يك كره ايده آل ستند، بكار مي رود. به علاوه اثرات سطوح خيلي زبر مي تواند به وسيله كاوشگري با اين كره هاي شعاع زياد متعادل شود. جنس اين كره هاي تو خالي ممكن است از سراميك و آلومينيوم آلياژي سخت كاري شده باشد. شكل C



## نرم افزارهاي CMM

### ۱- اکسل AXEL :

به منظور دریافت اطلاعات از وسایل اندازه گیری سه بعدی نظیر CMM به وجود آمده است این نرم افزار پس از اندازه گیری هر جز، از قطعه نظیر سوراخ ها، استوانه ، فواصل و ... به تفکیک در پنجره های متفاوت، اطلاعاتی نظیر شکل، اندازه ها ، تلورانس ها و غیره را به صورت همزمان نمایش می دهد.

AXEL ضمن آنکه کلیه قابلیت های یک نرم افزار خوب CMM را دارد ، می تواند فایل های Error Map را نیز خوانده و در حین کار بطور خود کار خطاهای اندازه گیری شده زمان کالیبراسیون دستگاه را نیز اعمال و اصلاح نماید

نمایش اجزای اندازه گیری شده به چهار روش XY , YZ , XZ , ISO و همچنین تغییر زاویه دید ، دیگر امکانات خوب نرم افزار است .

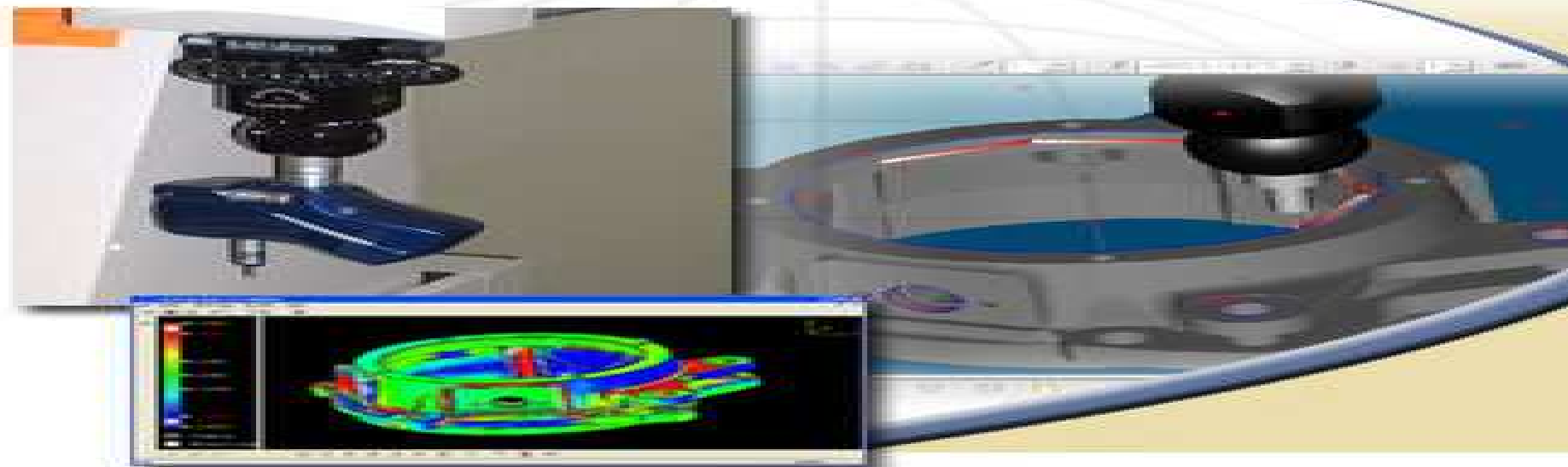
۲- نرم افزار **UMESS** : این نرم افزار شامل برنامه های اندازه گیری استاندارد جهت اندازه گیری اشکال هندسی است .

۳- نرم افزار **SAM** : از این نرم افزار برای محاسبات آماری بر روی قطعاتی که با تیراژ بالا تولید می شوند ، استفاده می شود ، بعنوان مثال خلاصه ارزیابی قطعات بصورت آماری و لگاریتمی و منحنی های توزیع فراوانی و توزیع نرمال ، و توزیع واقعی را برای تمام قطعات رسم و اطلاعات مربوط به آنها را دسته بندی نم

۴- نرم افزار **ACE** : از این نرم افزار جهت برنامه نویسی با کامپیوتر دستگاه هنگامی که دستگاه مشغول اندازه گیری قطعات می باشد ، استفاده می شود یا به عبارت دیگر به کمک این نرم افزار می توانیم هنگامیکه ماشین در حال کار است برنامه قطعات دیگر را توسط کامپیوتر بنویسیم .

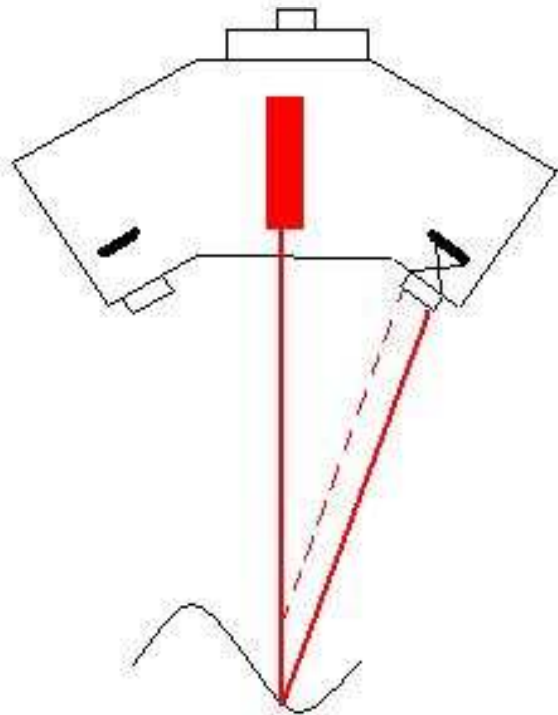
۵- نرم افزار **KUM**: این نرم افزار برای اندازه گیری کلیه منحنی های مشخص هندسی و منحنی های نامشخص استفاده می گردد و به کمک آن می توان تصاویر دو بعدی و سه بعدی از منحنی های قطعات را توسط پلاتر رسم کرد .

۶- نرم افزار **GON , G-AGE , G-RAM**: از این نرم افزار جهت اندازه گیری کلیه چرخنده ها اعم از چرخنده های ساده، مخروطی و مارپیچ استفاده می شود.



## اسکن لیزری سه بعدی را بشناسیم

اسکن لیزری (Laser Scanning)، نسخه - برداری دو بعدی گام به گام از اجسام سه بعدی است. این سیستم ها از یک سنسور لیزری که روی یک سیستم دارای کنترل حرکت کامپیوتری ۳ تا ۶ محوره و یا یک CMM سوار شده است، بهره می برند. جسمی که باید اسکن شود روی میز کار قرار داده شده و سپس نرم افزار کنترل اسکن SSC، پراب لیزر را روی سطح جسم مورد نظر حرکت می دهد.



مختصات  $X$ ،  $Y$  و  $Z$  این نقاط در یک فایل ذخیره شده و می توان آن را براحتی به فرمت ASCII یا IGES مورد قبول نرم افزارهای CAD/CAM مرسوم یا نرم افزارهای ویژه پردازش ابر نقاط تبدیل کرد.

همه سیستم های اسکن لیزری از اصل مثلث سازی لیزری استفاده می کنند.

اصل این فن آوری یک پرآب با دو دوربین دیجیتال است که یک پرتو لیزر از یک دیود، از وسط پرآب ساطع می شود.

پرتو لیزری که از پرآب بیرون می آید، به یک صفحه نور لیزر تبدیل شده و روی سطحی را که باید اسکن شود، روشن می کند. بنابراین صفحه نور لیزر پس از برخورد با سطح، یک پروفیل روی سطح تشکیل می دهد.

شکل آن پروفیل دو بعدی توسط دوربین دیجیتال ضبط شده و متعاقب آن بر اساس کالیبراسیون و جداول لیزر، موقعیت  $Z$  هر پیکسل از منحنی توسط نرم افزار محاسبه و ثبت می گردد





از مختصات ماشین برای محاسبه مختصات  $X$  و  $Y$  نقاط در طول منحنی مذکور استفاده می شود. به هنگام حرکت پراب روی قطعه، صدها و هزاران پروفیل مشابه جمع آوری شده و نرم افزار SSC این اطلاعات را درون یک پایگاه داده ذخیره می کند. هر پروفیل به صورت یک پلی لاین با نقاط توزیع شده در طول منحنی ذخیره می گردد. این پلی لاین همزمان به صورت گرافیکی نیز روی صفحه نمایش نشان داده می شود.

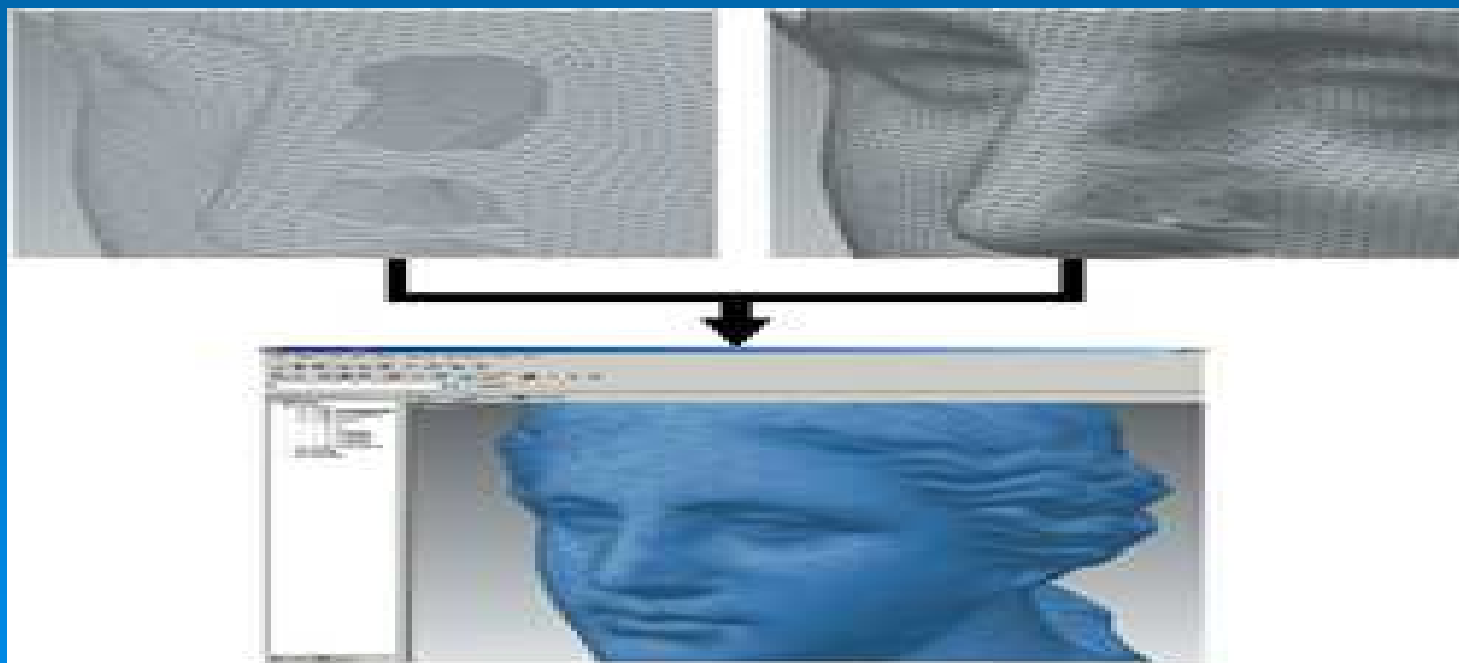
مهمترین مزیت این سیستم ها ماهیت غیر تماسی و سرعت بالای آنها است

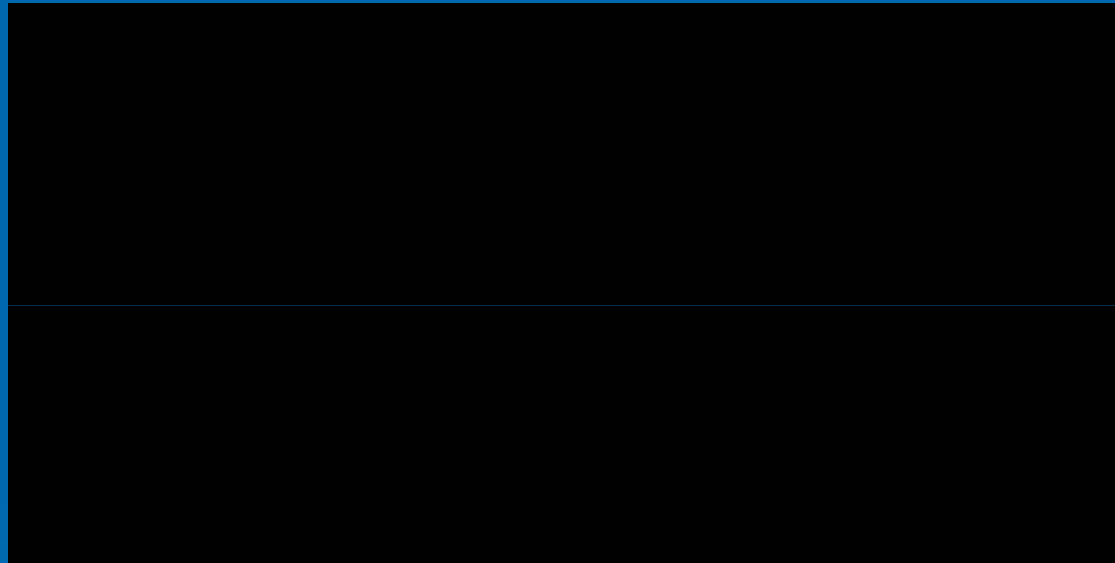
هر سیستم اسکن لیزری به یک نرم افزار SSC مجهز شده است. این نرم افزار کلیه عملیات مربوط به حرکت پراب لیزری روی قطعه (توسط ماوس یا دسته Joystick) و همچنین ذخیره اطلاعات و داده ها را کنترل می کند. حتی این امکان وجود دارد که مسیر حرکت پراب لیزر را به صورت سه بعدی از پیش برنامه ریزی کرده و عمل اسکن تحت یک مسیر از پیش تعریف شده انجام شود.



این برنامه ریزی مسیر کاملاً به صورت گرافیکی بوده و نیازی به نوشتن Code ندارد. بنابر این کاربرد اسکن لیزری با داشتن مقدار کمی پیش زمینه از نرم افزارهای CAD/CAM بسیار ساده خواهد بود.

امروزه نرم افزارهاي بسيار متنوعي در زمينه کنترل كيفيت وجود دارند. اما در اين بين نرم افزارهاي وجود دارند كه مختص داده هاي حجيم بدست آمده از اسكن هاي ليزري طراحي شده اند. يكي از بهترين و قوي ترين اين نرم افزارها Geomagic Qualify است كه مي تواند عمليات آناليز داده ها و مقايسه با مدل اصلي را در حدود ۱۰۰۰ برابر سريع تر نسبت به روش هاي مترولوژي معمول انجام دهد.





پایان

