آموزش نرم‌افزار

Minitab

کنترل کیفیت آماری

استاد درس: جناب آقای دکتر رفیعی

زمستان ۹۴

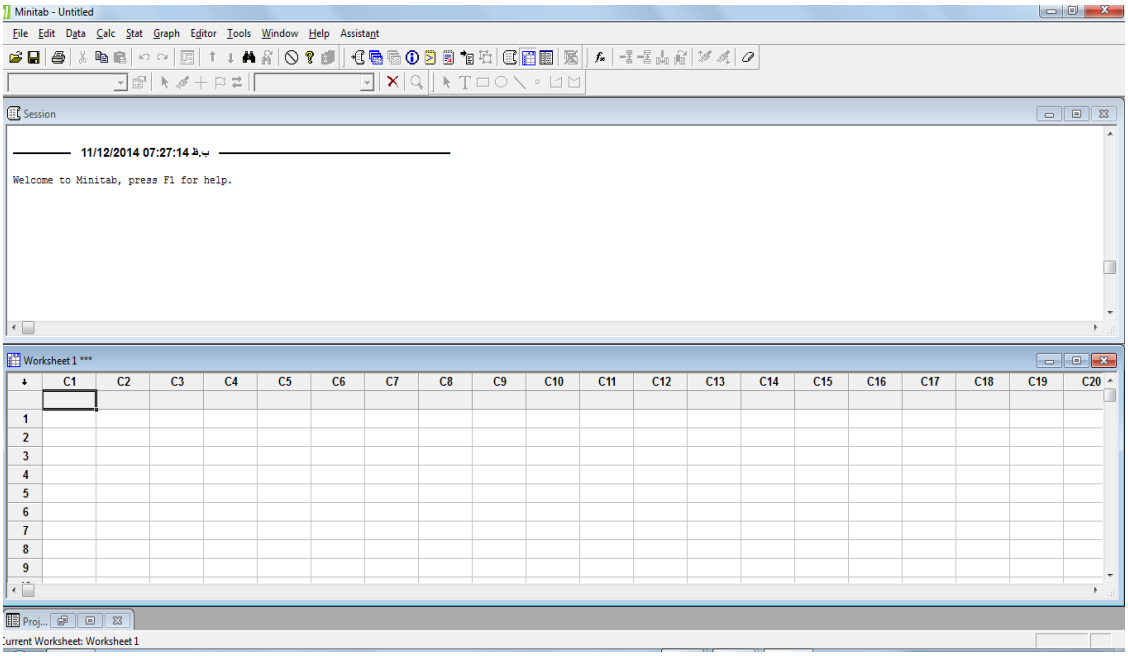
مقدمه

Minitabیک نرم افزار کنترل کیفیت آماری و مناسب برای پروژه های Six Sigma و بهبود کیفیت می باشد. این نرم افزار به عنوان یکی از نرم افزارهای تخصصی آمار برای کنترل کیفیت، کار بر روی اعداد و تجزیه و تحلیل داده های خام شناخته شده‌است و در بسیاری از واحدهای صنعتی بزرگ و کوچک مورد استفاده قرار می گیرد و به وسیله آن می توان با تجزیه تحلیل داده های آماری به طراحی آزمایشات پرداخت. همچنین انجام برخی عملیات ها مانند تولید اعداد تصادفی که از توزیع های آماری خاصی مانند توزیع نرمال، کی دو، گاما، اف، برنولی، پواسون، بتا، وایبل و ... پیروی می کنند، پرداخت. در واقع نرم افزارMinitab یکی از نرم افزارهای مطرح آماری می باشد که در برخی زمینه های علم آمار، از جمله کاربرد آمار در صنعت و اقتصاد از قابلیت های خاصی برخوردار می باشد .

پنجره‌های Minitab

این نرم‌افزار دارای ۳ پنجره‌ی اصلی است که به صورت زیر می‌باشند:

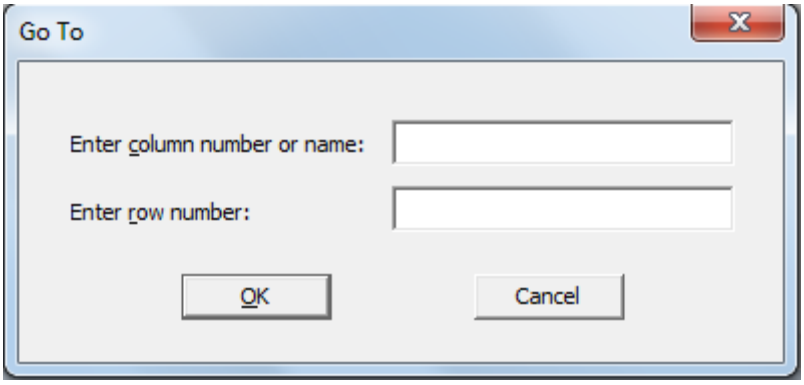
۱. **پنجره‌ی Data**: این پنجره برای وارد کردن داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته که شامل سطرها و ستون‌هایی است که محل برخورد هر سطر و ستون را Cell می‌نامند (شکل ۱). کل cell ها مشخص‌کننده‌ی یک Worksheet یا کاربرگ می‌باشد. یک کاربرگ شامل ۴۰۰۰ ستون و ۱۰۰۰۰۰۰۰ سطر(بسته به حافظه کامپیوتر) است اما در کل مجموع سلول‌های دارای داده باید کمتر از ۳۵۰۰ باشد.



(شکل۱)

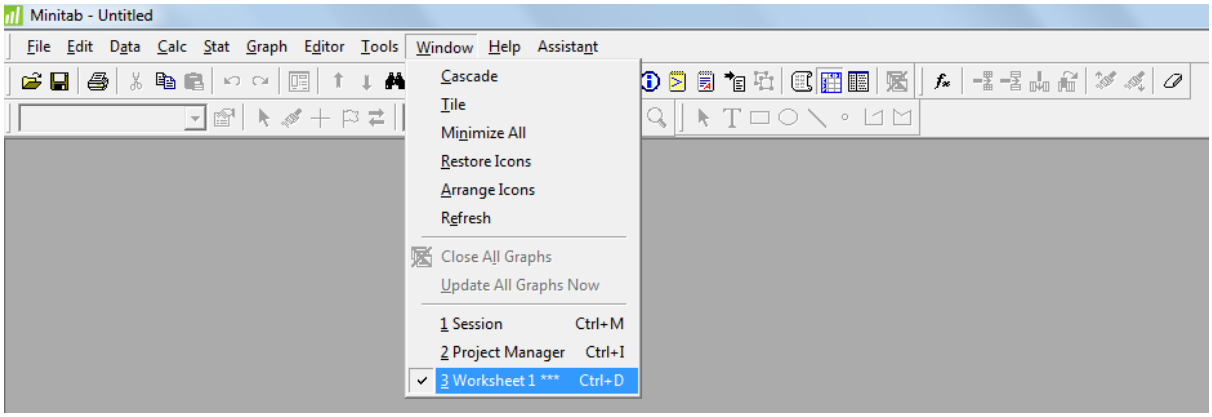
ستون‌ها با حروف C1,C2,… مشخص شده‌اند که یک سطر خالی در زیر این حروف برای نامگذاری ثانویه ستون‌ها تعبیه شده است. گوشه‌ی بالای سمت چپ worksheet مربوط به پیکان ورود داده‌هاست به این معنا که اگر در حالت افقی(→) باشد، با زدن دکمه‌ی Enter، سلول فعال به سمت راست حرکت می‌کند و اگر به صورت عمودی(↓) باشد، با زدن دکمه‌ی Enter، سلول فعال به سمت پایین حرکت می‌کند.

در صورتی که بخواهیم به سلول خاصی دسترسی پیدا کنیم، Ctrl+G را فشرده و شماره‌ی سطر و ستون مورد نظر را وارد می‌نماییم(شکل۲).



(شکل۲)

در صورتی که هنگام گشودن نرم‌افزار، این پنجره باز نباشد می‌توان از طریق طی کردن روند زیر و یا فشردن Ctrl+D این پنجره را به صفحه‌ی نرم‌افزار اضافه نمود (شکل۳).



(شکل ۳)

۲. **پنجره‌ی session:** دراین پنجره که در شکل۱ مشاهده می‌گردد، کلیه‌ی اعمالی که با استفاده از منوها انجام می‌شود به صورت دستوری ثبت می‌گردد. هم‌چنین پیام‌های خطای درحین اجرای دستورات و بعضی از نمودارها و نتایج، در این پنجره نمایش داده می‌شوند.

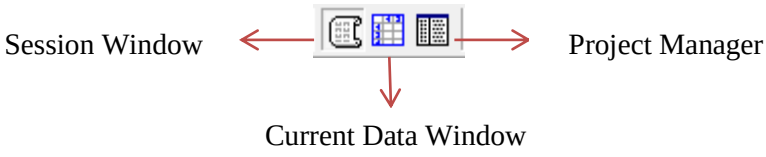
در صورتی که هنگام گشودن نرم‌افزار، این پنجره باز نباشد می‌توان از طریق طی کردن روند زیر و یا فشردن Ctrl+M این پنجره را به صفحه‌ی نرم‌افزار اضافه نمود.

Window→session

۳. **پنجره‌ی Project Manager:** پروژه‌ها در Minitab به منظور ذخیره‌سازی خروجی‌ها به صورت گزارشات متنی یا گرافیکی، Worksheet ها، شرح کلیه فعالیت‌های انجام شده، مدارک مربوط به پروژه و اطلاعات متنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورتی که هنگام گشودن نرم‌افزار، این پنجره باز نباشد می‌توان از طریق طی کردن روند زیر و یا فشردن Ctrl+I این پنجره را به صفحه‌ی نرم‌افزار اضافه نمود.

Window→project manager

توجه: در toolbar بالای نرم‌افزار برای کلیه‌ی پنجره‌های فوق، یک دکمه تخصیص داده شده است.

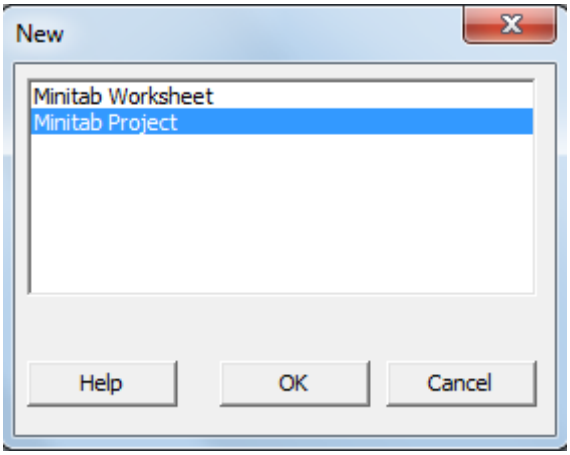


نحوه‌ی ایجاد پروژه:

به منظور ایجاد پروژه به صورت زیر عمل می‌شود:

File→New→Minitab Project

با طی کردن این روند پنجره‌ی زیر نمایان می‌شود که با فشردن دکمه‌ی OK یک پروژه‌ی جدید ایجاد می‌گردد(شکل۴).

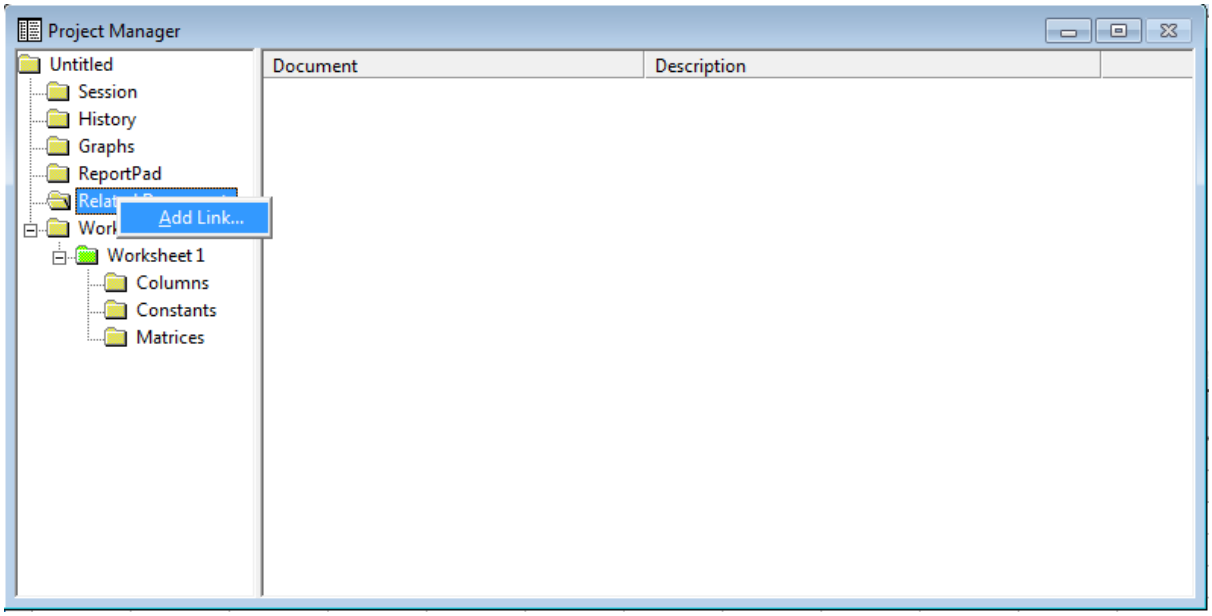


(شکل۴)

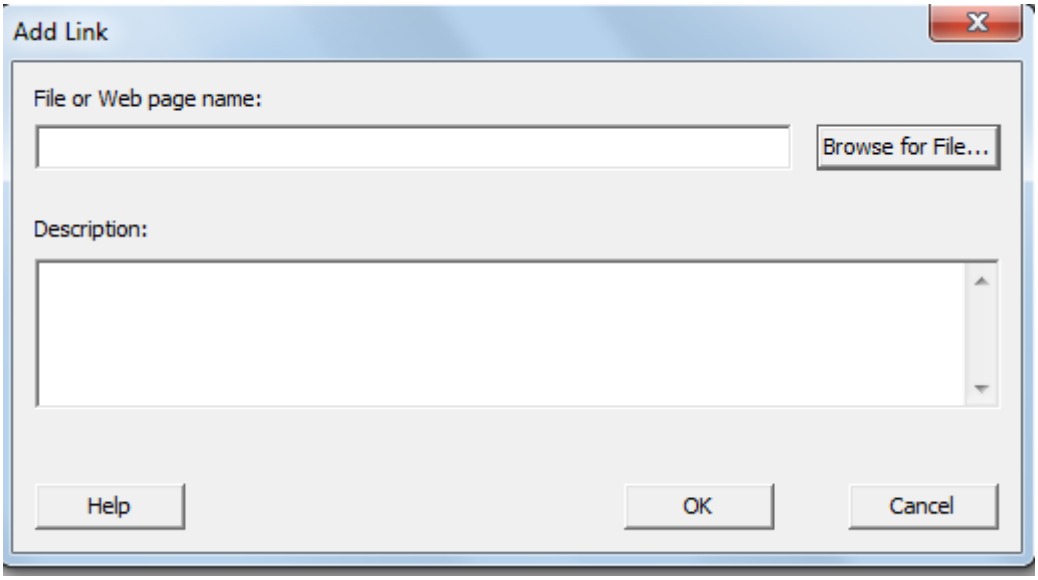
اضافه کردن مدارک موردنیاز به پروژه:

می‌توان فایل‌ها یا مدارکی را به پروژه‌ی مربوطه از طریق طی کردن روند زیر نسبت داد:

به پنجره‌ی Project manager رفته و در صفحه‌ی گشوده شده برروی گزینه‌ی Related Documents کلیک راست نموده و گزینه‌ی Add Link را انتخاب می‌نماییم (شکل۵). پنجره‌ای مانند شکل۶ ظاهر می‌شود که در قسمت File Or Webpage name، فایل مورد نظر را که می‌تواند هر پسوندی داشته باشد انتخاب نماییم. در قسمت Description هم می‌توان توضیحات اضافی مربوط به فایل Link شده را درج نمود. در صورتی که بعدا بر روی فایل انتخاب شده ۲ بار کلیک نماییم، Minitab فایل موردنظر را با نرم‌افزار مربوطه آن باز خواهد نمود.



(شکل۵)



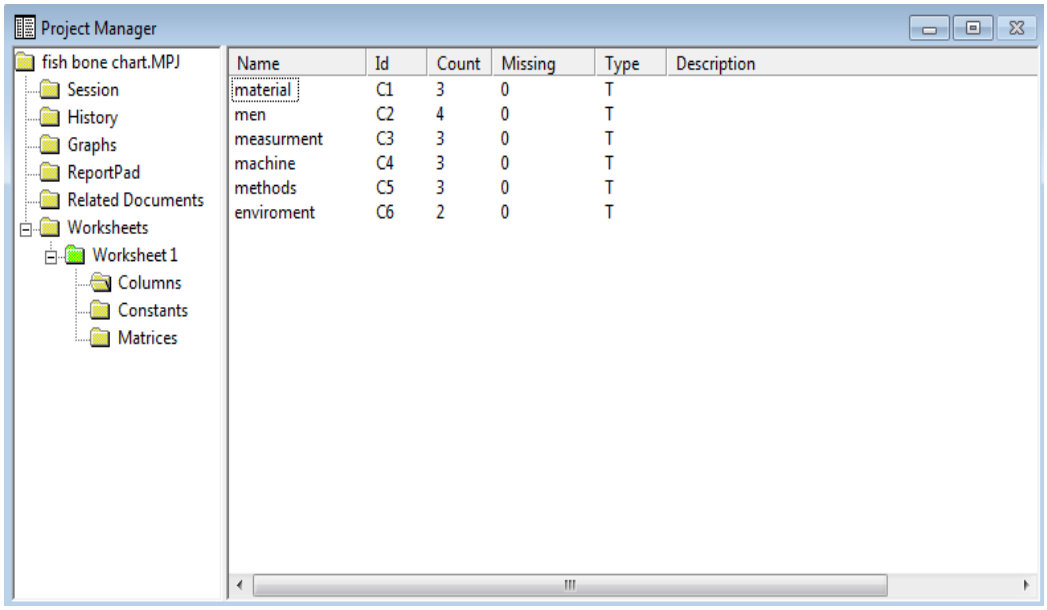
(شکل۶)

پنجره‌ی History : با انتخاب گزینه‌ی History در پنجره‌ی Project Manager ، این پنجره نمایان می‌شود که دستورات ثبت شده در آن به نمایش درمی‌آیند. در این قسمت نمی‌توان چیزی را حذف یا اضافه کرد ولی می‌توان دستورات موردنظر را copy نموده و در پروژه‌های دیگر استفاده نمود.

اطلاعات مربوط به Worksheet:

با رفتن به پنجره‌ی Project Manager و انتخاب گزینه‌ی worksheet، خلاصه‌ی اطلاعات مربوط به کاربرگ جاری نمایان می‌شود. در این قسمت ۳ فیلد وجود دارد:

- **Columns**: این فیلد شامل نام ستون‌های شامل اطلاعات، تعداد سلول‌های موجود در آن ستون، نوع متغیر و داده‌های گمشده می‌باشد (شکل۷). منظور از داده‌های گمشده یا Missing Data، داده‌هایی است که به صورت عمدا و یا سهوا جا افتاده‌اند. به عنوان مثال ممکن است در یک یا چند حالت، آزمایش‌های طراحی شده انجام نشده باشند. این پنجره از طریق فشردن Ctrl+I نیز قابل دسترسی است.
- **Constant**: این فیلد بیانگر نوع ثابت‌های تعریف شده می‌باشد.
- **Matrices**: در این فیلد اطلاعات ماتریس‌های تعریف شده درج می‌گردد.



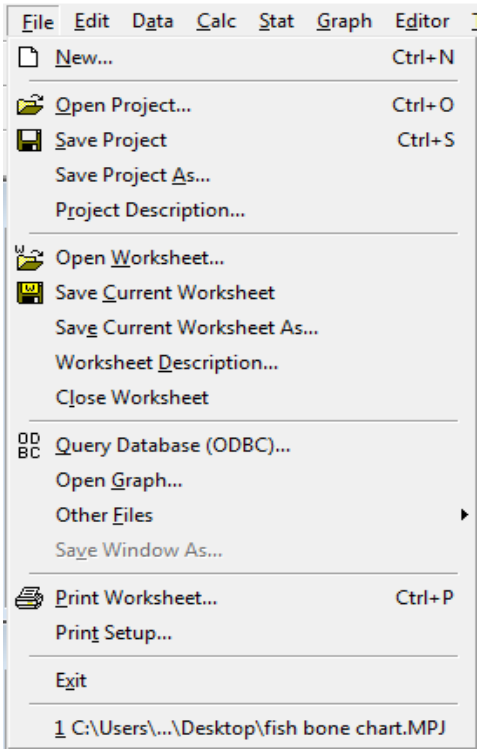
(شکل۷)

نحوه‌ی کار با فایل‌ها:

نمای کلی منوی File در شکل ۸ نشان داده شده است:

ایجاد یک فایل جدید: برای ایجاد یک فایل جدید می‌توانید از کلید میانبر Ctrl+N استفاده نمایید و یا به صورت زیر عمل کنید:

File→New→Minitab worksheet



(شکل۸)

باز نمودن یک فایل: برای باز نمودن یک فایل می‌توانید از کلید میانبر Ctrl+O استفاده نمایید و یا به صورت زیر عمل کنید:

File→ Open worksheet

نکته: در پنجره‌ای که گشوده می‌شود می‌توانیم در بخش files of type گزینه‌ی All را انتخاب نماییم تا همه‌ی فایل‌ها با فرمت‌های مختلف نمایان شوند. در این صورت به عنوان مثال می‌توان از یک فایل اکسل داده‌ها را به Minitab منتقل نمود. با زدن گزینه‌ی Preview می‌توان نحوه‌ی انتقال داده‌ها را مشاهده کرده و اگر مطابق نظرمان نبود می‌توانیم از قسمت options، شماره سطرها و ستون‌های منتقل شده و اطلاعات دیگر به منظور Import کردن داده‌ها به Minitab را تعیین کرد.

تذکر: برای خروج از Minitab به صورت زیر عمل نمایید:

File→Exit

تذکر: در صورتی که می‌خواهید برای worksheet خود اطلاعات خاصی مانند نام تهیه کننده، توضیحات و .. ذخیره نمایید، به صورت زیر عمل کنید:

File→ worksheet Description

همین عمل را می‌توان برای پروژه‌ها از طریق File→ Project Description انجام داد.

تذکر: نمودارها در Minitab با پسوند MGF ذخیره می‌شوند. برای بازکردن نمودارهای ذخیره شده به صورت زیر عمل می‌شود:

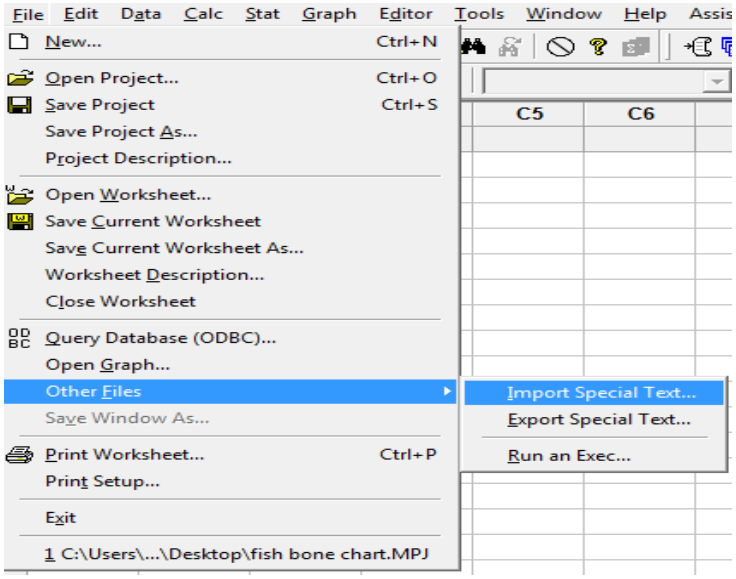
File→ Open Graph

استفاده از اطلاعات فایل‌های دیگر در Minitab: برای اینکه اطلاعات یک فایل دیگری را در Minitab آورده و از آن استفاده کنید به صورت زیر عمل نمایید(شکل۹):

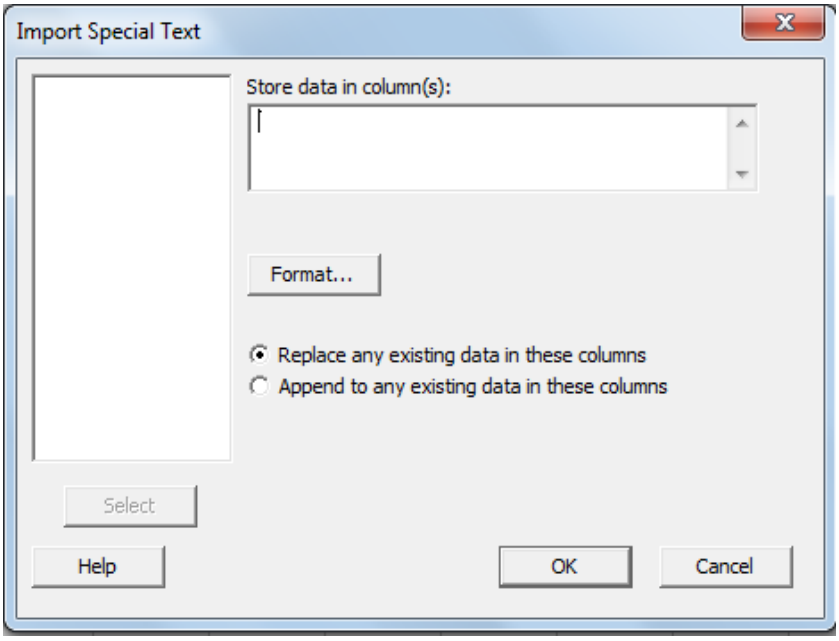
File→ Other Files→Import Special Text

در قسمت Store Data in columns ستون یا ستون‌هایی که می‌خواهید داده‌ها در آن ذخیره شود انتخاب نمایید. در صورت وجود اطلاعات در این ستون‌ها، اگر گزینه‌ی Replace any Existing data in these Columns انتخاب شود، اطلاعات جدید بر روی اطلاعات قبلی نوشته می‌شود. در صورت انتخاب گزینه‌ی

Append To any Existing data in these ، اطلاعات جدید به انتهای ستون موجود اضافه می‌گردد. پس از انجام عملیات فوق برروی گزینه‌ی OK کلیک نموده و فایل موردنظر را برای ورود به Minitab انتخاب نمایید(شکل۱۰).



(شکل۹)



(شکل۱۰)

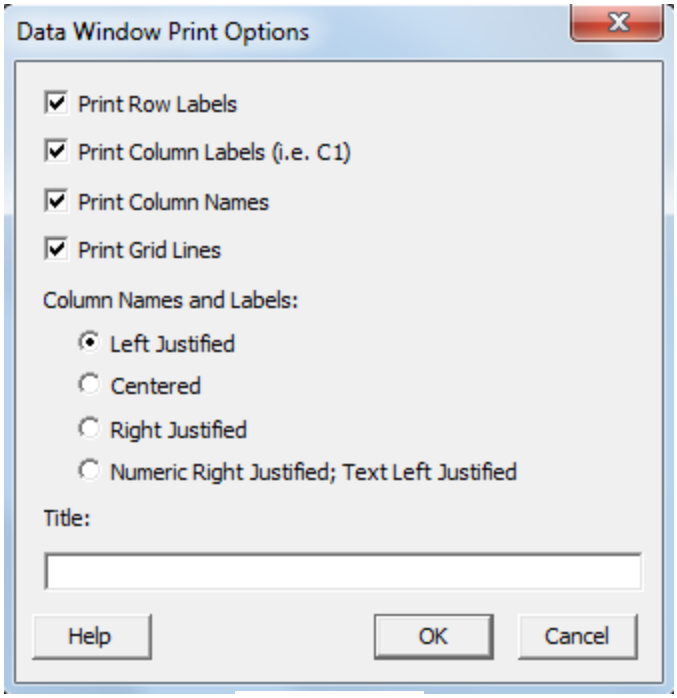
ذخیره سازی اطلاعات:

برای ذخیره‌سازی اطلاعات Worksheet باید گزینه‌ی Save current Worksheet As.. را از منوی File انتخاب نمود. در صورتی که گزینه‌ی Save current Worksheet را انتخاب نمایید و این فایل قبلا ذخیره نشده باشد، حالتی مانند حالت Save current Worksheet As.. را خواهید داشت، ولی در صورتی که قبلا این فایل ذخیره شده باشد، فایل جدید را بر روی فایل قبلی ذخیره می‌نماید.

برای ذخیره‌سازی پروژه‌ها نیز مانند توضیحات بالا می‌توانید از گزینه‌های Save Project و یا Save Project As.. استفاده نمایید . هم‌چنین می‌توانید از کلید میانبر Ctrl+S به جای انتخاب گزینه‌ی Save Project استفاده نمایید.

نحوه‌ی چاپ گزارشات:

نکته‌ای که در مورد چاپ گزارشات باید در نظر داشت این است که Minitab با توجه به پنجره‌ی فعال، منوی Print را تغییر می‌دهد. به عنوان مثال اگر پنجره‌ی فعال شما Worksheetباشد، دستور چاپ به صورت Print Worksheet خواهد بود در صورتی که اگر به عنوان مثال در بخش Columns پنجره‌ی Project Manager باشید، آنگاه دستور چاپ به صورت Print Columns خواهد بود. در هر صورت اگر دستور چاپ انتخاب گردد، صفحه‌ای به صورت شکل ۱۱ ظاهر می‌شود. گزینه‌ی اول و دوم برای چاپ براساس سطرها و ستون‌ها به کار می‌رود.(سطرها از شماره‌ی ۱ و ستون‌ها از شماره‌ی C1 آغاز می‌شوند). دو گزینه‌ی بعدی نیز برای چاپ نام ستون‌ها و چاپ خطوط Worksheet به کار می‌روند. در قسمت column Name and Labels نیز محل قرارگیری نام ستون‌ها و برچسب آن‌ها مشخص می‌گردد. می‌توان نام ستون‌ها و برچسب‌ها را به صورت چپ‌نویس، وسط‌نویس، راست‌نویس و یا اعداد را از راست و متن‌ها را از چپ انتخاب نمود. در قسمت Title نیز Minitabاین امکان را به کاربر می‌دهد که متن موردنظر خود را در بالای تمامی صفحات چاپی قرار دهد.



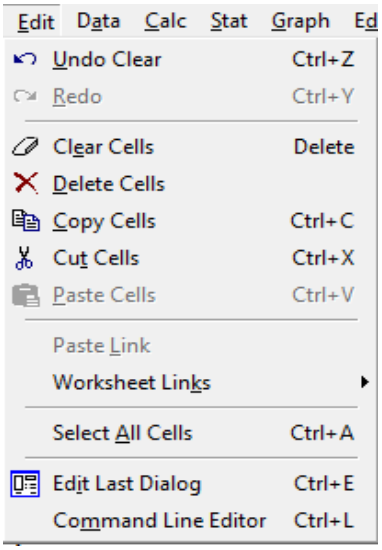
(شکل۱۱)

منوهای اصلی Minitab

- **منوی Edit :** با استفاده از دستورات این منو قادر به انجام کارهای زیر خواهید بود:

۱. ویرایش داده‌ها
۲. حذف داده‌ها
۳. Copy و Paste کردن داده‌ها
۴. کدبندی نمودن مقادیر داده‌ها
۵. ترکیب و یا تفکیک ستون‌ها

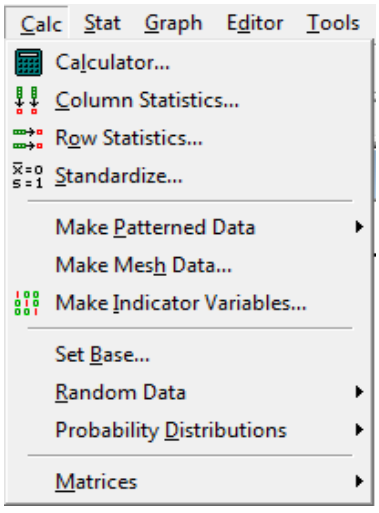
نمای کلی این منو به صورت زیر است(شکل۱۲):



(شکل۱۲)

- **منوی Calcs**: با استفاده از دستورات این منو قادر به انجام کارهای زیر خواهید بود:
  ۱. تولید اعداد تصادفی
  ۲. به کارگیری اعمال ریاضی یا توابع مختلف بر روی داده‌ها
  ۳. استانداردسازی داده‌ها
  ۴. محاسبه‌ی آماره‌های سطرها یا ستون‌ها

نمای کلی این منو به صورت زیر است(شکل۱۳):

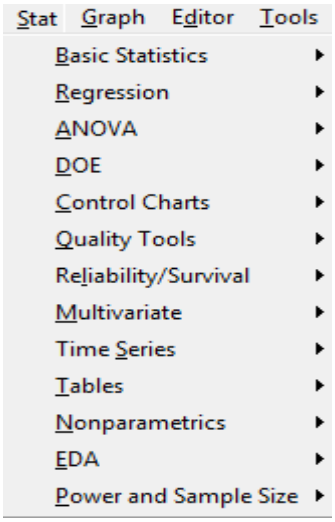


(شکل۱۳)

- **منوی Stat**: برخی از توانمندی‌های این منو عبارتند از:
  ۱. رسم نمودارهای پارتو، استخوان‌ماهی، انواع نمودارهای کنترل و ...
  ۲. تجزیه وتحلیل سری‌های زمانی، تجزیه و تحلیل مربع کای، آزمون‌های مختلف ناپارامتری

۳. انجام عملیاتی مانند رگرسیون خطی یا آنالیز واریانس

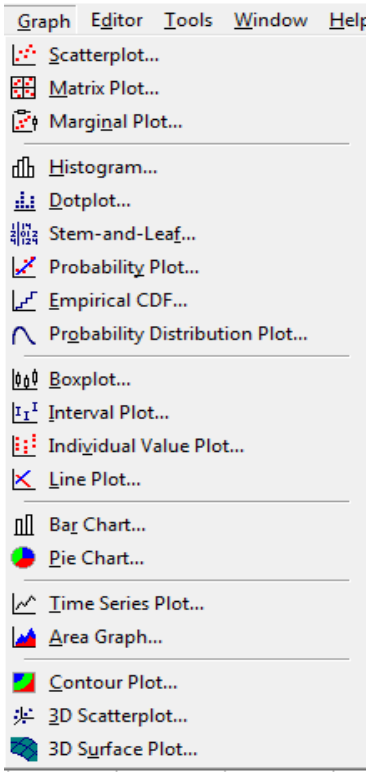
نمای کلی این منو به صورت زیر است(شکل۱۴):



(شکل۱۴)

- **منوی Graph**: این منو قادر به رسم انواع نمودارهای مختلف خواهد بودکه مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: هیستوگرام، نمودار Scatter د.وبعدی و سه بعدی، نمودارمیله‌ای، نمودار دایره‌ای و ...

نمای کلی این منو به صورت زیر است(شکل۱۵):



(شکل۱۵)

محاسبه‌ی پارامترهای آماری در Minitab:

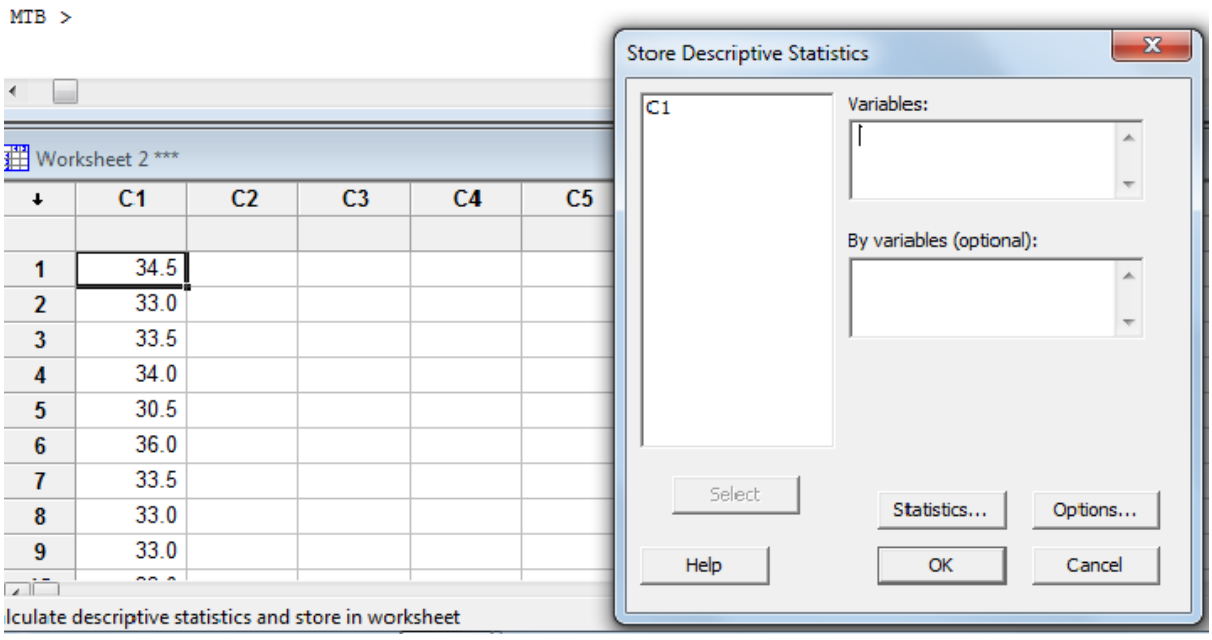
نکته‌ای که وجود دارد این است که داشتن داده به تنهایی کافی نیست. به عنوان مثال هنگامی که وزن تعدادی از بسته‌های چای تولید شده را بدانیم، فقط داده داریم اما هنگامی که میانگین، واریانس، میانه، دامنه و... را حساب می‌نماییم، آنگاه اطلاعات کسب نموده و می‌توانیم تجزیه و تحلیل‌های آماری را انجام دهیم.

به عنوان مثال فرض کنید قصد داریم پارامترهای آماری موردنیاز برای داده‌های زیر را محاسبه نماییم:

34.5	32.5
33	32
33.5	34.5
34	35.5
30.5	32
36	33
33.5	35
33	34.5
33	34
33	31
35.5	32.5
37	32.5
39.5	31.5
37	30
33.5	30

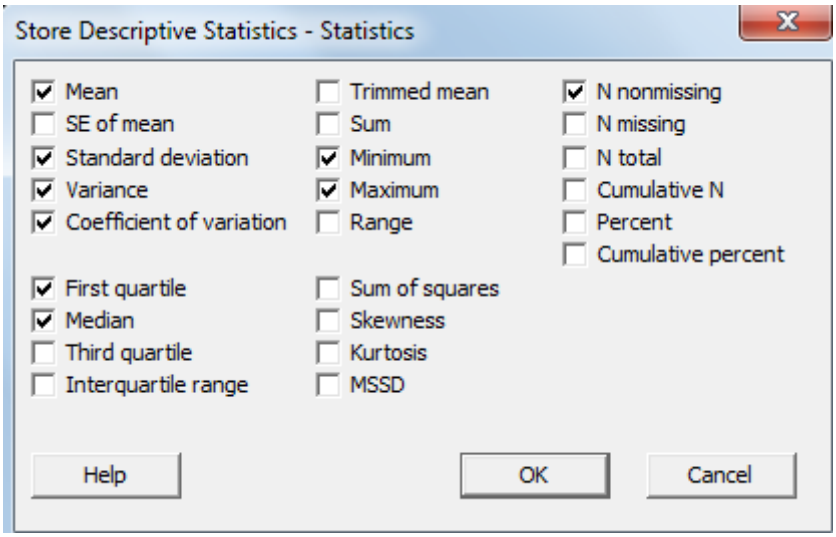
پس از وارد کردن داده‌ها در Minitab روند زیر را طی می‌نماییم. صفحه‌ای مانند شکل ۱۶ نمایش داده شود:

Stat→ Basic Statistic→Store Descriptive statistic



(شکل۱۶)

با دوبار کلیک کردن برروی نام ستونی که می‌خواهیم پارامترهای آماری را برای داده‌های موجود در آن را محاسبه نماییم، این نام بر قسمت Variables منتقل می‌شود. در این مثال بر روی نام C1 دوبار کلیک می‌نماییم. با انتخاب گزینه‌ی Statistic صفحه‌ای مانند شکل ۱۷ ظاهر می‌شود که شامل انواع پارامترهای آماری پرکاربرد می‌باشد. در این قسمت می‌توانیم پارامترهای آماری موردنیاز را انتخاب نماییم.(شکل۱۷)



(شکل۱۷)

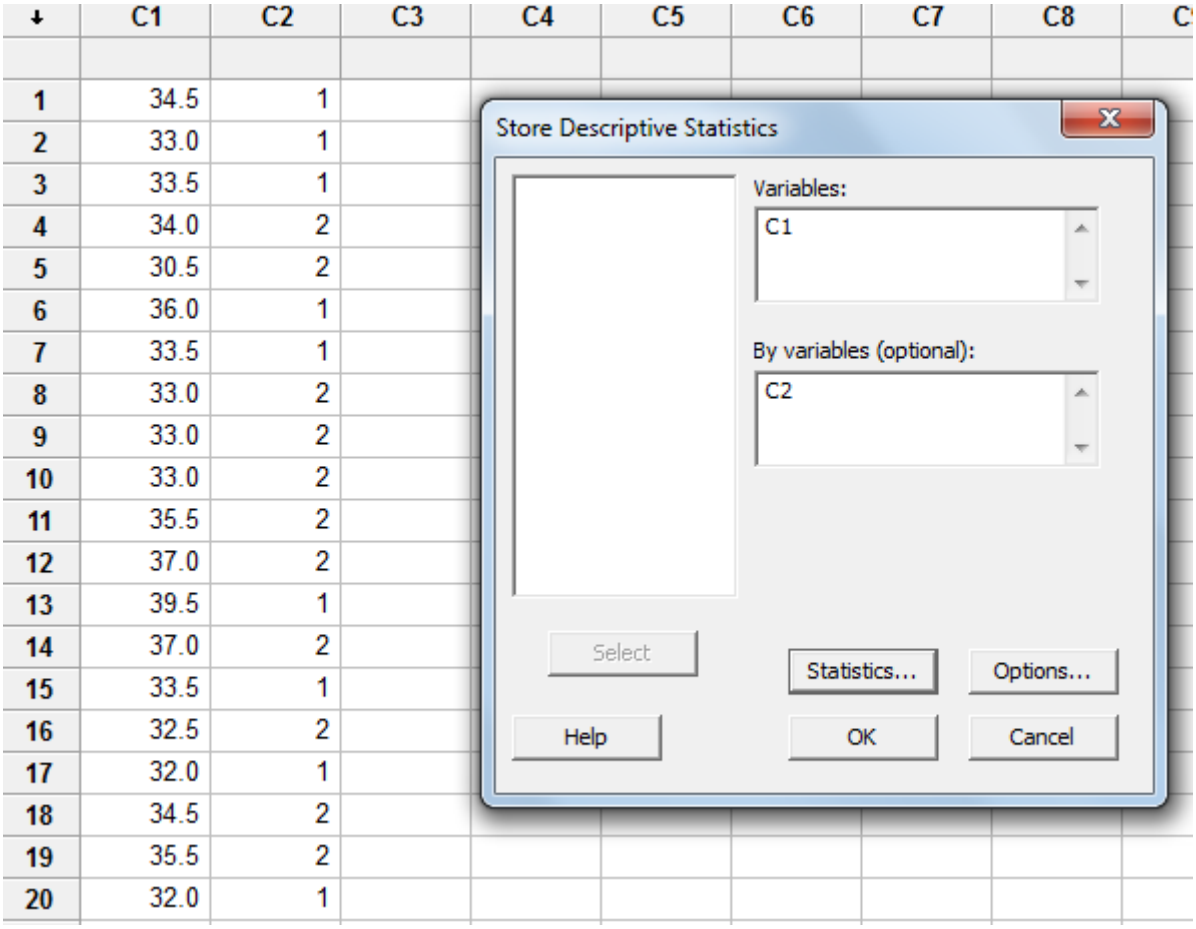
در نهایت با انتخاب دکمه‌ی OK پارامترهای انتخاب شده برای داده‌های موردنظر محاسبه می‌گردد. خروجی محاسبات به صورت شکل ۱۸ می‌باشد:

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
		Mean1	StDev1	Variance1	CVariation1	Q1_1	Median1	Minimum1	Maximum1	N1
1	34.5	33.5667	2.14047	4.58161	6.37677	32.375	33.25	30	39.5	30
2	33.0									
3	33.5									
4	34.0									
5	30.5									
6	36.0									
7	33.5									
8	33.0									
9	33.0									
10	33.0									
11	35.5									
12	37.0									
13	39.5									
14	37.0									
15	33.5									

(شکل۱۸)

نکته: در صفحه‌ی Store Descriptive Statistic، بخش By Variable زمانی انتخاب می‌شود که اعداد یک ستون مربوط به دو جامعه‌ی مختلف باشند. به عنوان مثال اگر اندازه‌های مشخصه کیفی یک محصول را که توسط دو ماشین متفاوت تولید شده‌اند را در ستون C1 وارد نموده و در ستون C2 متناظر با هر داده اعداد ۱ یا ۲ (۱ برای ماشین اول و ۲ برای ماشین دوم)را وارد نماییم، در این صورت در قسمت By Variable ستون C2 را انتخاب می‌کنیم. با انجام این کار، Minitab پارامترهای آماری انتخاب شده را برای هرماشین به صورت مستقل و جداگانه محاسبه می‌نماید.

به عنوان نمونه، در مثال قبل فرض کنید برخی از داده‌ها مربوط به ماشین ۱ و برخی دیگر مربوط به ماشین ۲ باشند. در این صورت در ستون C2، متناظر با هر داده‌ی مربوط به ماشین عدد۱ و متناظر با هر داده‌ی مربوط به ماشین ۲ ، عدد ۲ را وارد می‌نماییم. (شکل ۱۹)



	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C
1	34.5	1							
2	33.0	1							
3	33.5	1							
4	34.0	2							
5	30.5	2							
6	36.0	1							
7	33.5	1							
8	33.0	2							
9	33.0	2							
10	33.0	2							
11	35.5	2							
12	37.0	2							
13	39.5	1							
14	37.0	2							
15	33.5	1							
16	32.5	2							
17	32.0	1							
18	34.5	2							
19	35.5	2							
20	32.0	1							

(شکل۱۹)

پس از انتخاب پارامترهایی که می‌خواهیم برای هر ماشین محاسبه گردد، خروجی نرم‌افزار به صورت زیر خواهد بود(شکل۲۰):

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
			ByVar1	Mean1	StDev1	Variance1	CVariation1	Q1_1	Median1	Minimum1	Maximum1	N1
1	34.5	1	1	33.500	2.32048	5.38462	6.92680	32.0	33.25	30	39.5	14
2	33.0	1	2	33.625	2.04532	4.18333	6.08274	32.5	33.50	30	37.0	16
3	33.5	1										

(شکل۲۰)

نمودار پارتو:

نمودار پارتو، نمودار میله‌ای است که علل مشکلات به وجود آمده را با فراوانی آن مقایسه می‌کند. این نمودار اولین قدم برای بهبود کیفیت در شرایط مورد نظر است. مهندسان کیفیت معتقدند که قانون پارتو در مشاهده‌ی نقص‌ها نیز مصداق دارد به عبارت دیگر، درصد زیادی از نقص‌ها و مشکلات، ناشی از درصد کمی از علل و عوامل اصلی می‌باشد یعنی اگرچه برای مشکلات موجود علل بیشماری ممکن است وجود داشته باشد اما تعداد کمی از این علل اهمیت داشته و با رفع آن‌ها می‌توان بخش اعظمی از مشکلات را حل نمود.

مثال: در یک کارگاه نورد شمش، آمار ضایعات دوره‌ی زمانی سه ماه تابستان به صورت زیر است:

نوع ضایعات	مقدار(تن)
پروفیلی	250
تکنولوژیکی	100
هیدرولیکی	50
الکتریکی	20
زاکات	5

برای رسم نمودار پارتو برای داده‌های فوق به صورت زیر عمل نمایید:

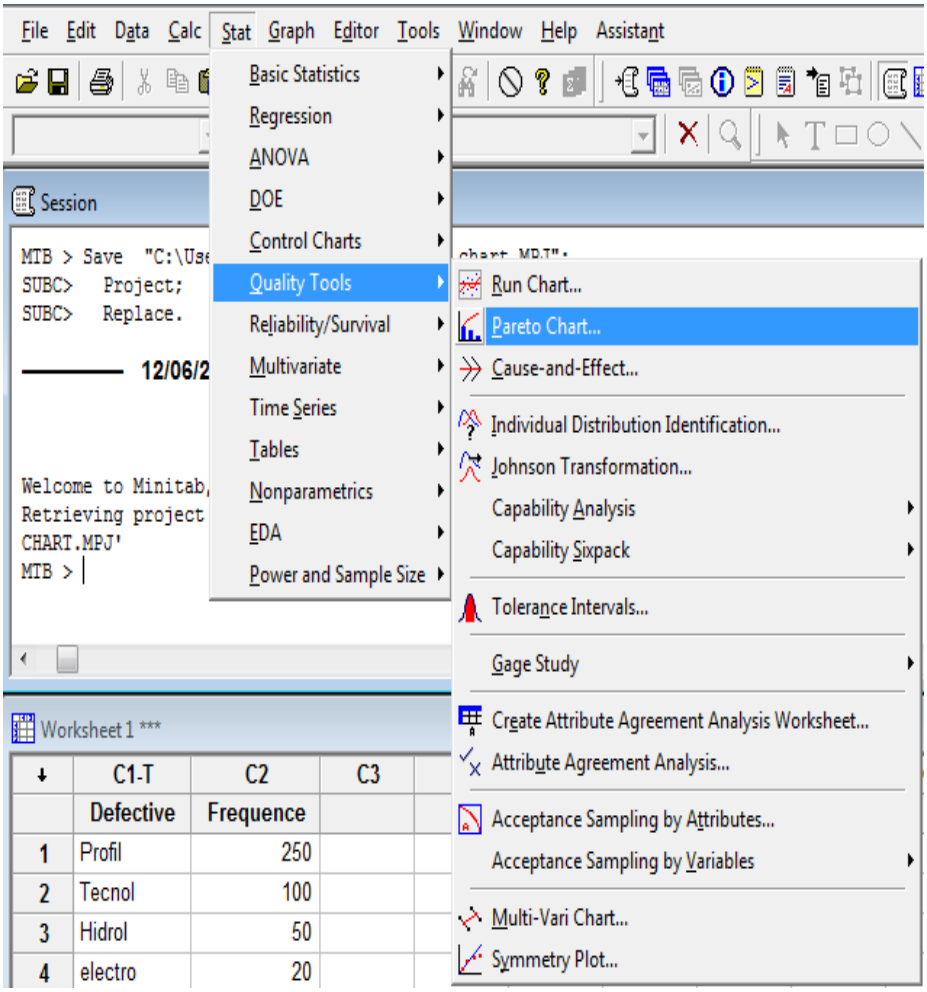
- پس از ورود به Minitab در worksheet مورد نظر داده‌های فوق را وارد نمایید به طوری که در ستون C1 عناوین انواع ضایعات و در ستون C2 متناظر با آن، مقدار تن آن را قرار گرفته شود. مانند شکل زیر(شکل۲۱)

↓	C1-T	C2
	Defective	Frequence
1	Profil	250
2	Tecnol	100
3	Hidrol	50
4	electro	20
5	zakat	5

(شکل ۲۱)

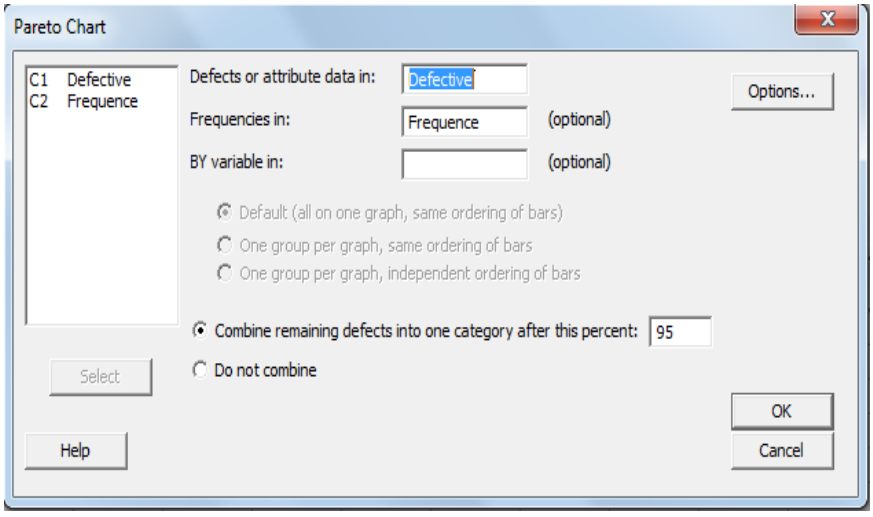
- روند زیررا اجرا نمایید(شکل۲۲)

Stat→ Quality tools→Pareto chart



(شکل۲۲)

- صفحه‌ای مانند شکل ۲۳ نمایان می‌شود:

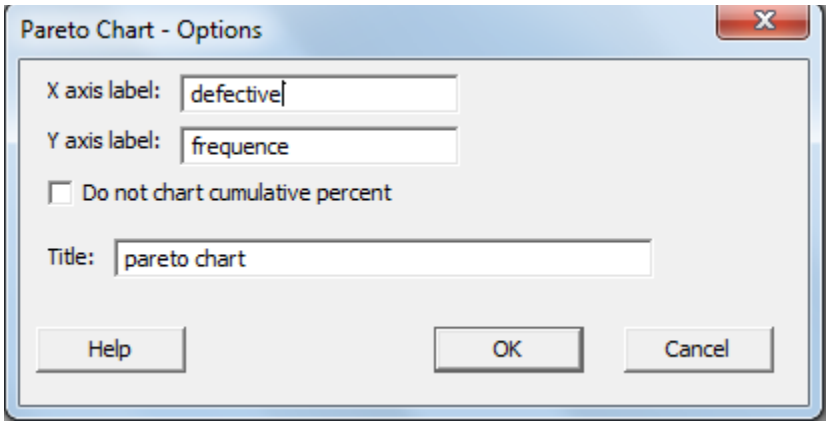


(شکل۲۳)

در قسمت Defects or attribute data in، نام ستونی که داده‌های مربوط به عناوین ضایعات در آن درج شده است و در قسمت Frequencies in، نام ستونی که فرکانس و مقدار ضایعات در آن درج شده است را وارد می‌نماییم.

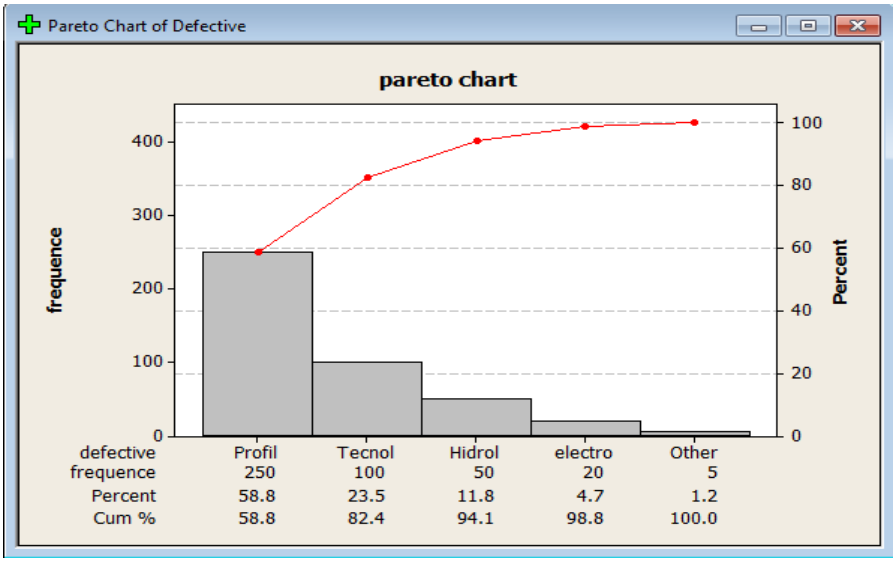
قسمت Combine remaining defects into one category after this percent که به صورت Default عدد ۹۵ ثبت شده است، باعث می‌شود عیوبی که کمتر از ۵ درصد از کل عیوب را شامل می‌شوند با یکدیگر تلفیق شده و در یک سطر نمودار ظاهر شوند. می‌توان این عدد را به دلخواه تغییر داد.

با انتخاب گزینه‌ی Options می‌توان برچسب مناسب برای هریک از محورهای x ,y و همچنین Title برای نمودار تعریف کرد.(شکل۲۴)



(شکل۲۴)

درنهایت با فشردن دکمه‌ی Ok نمودار پارتو رسم شده به صورت زیر خواهد بود: (شکل۲۵)



(شکل۲۵)

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در نمودار رسم شده، نوع عیوب در محور افقی و مقادیر هرکدام درمحور عمودی درج شده‌اند. همچنین درصد عیوب در محور عمودی سمت راست نشان داده شده است. خط تجمعی در نمودار پارتو که با رنگ قرمز نشان داده شده است بیانگر سهم کل علت‌ها می‌باشد. رسم خط تجمعی از میانه اولین مستطیل آغاز می‌شود و از آن نقطه یک خط به سمت راست نقطه‌ای بالای میانه مثلث بعدی و به اندازه‌ی فراوانی دسته‌ی دوم، رسم می‌گردد و به همین صورت برای همه‌ی دسته‌ها ادامه می‌یابد.

توجه: کاهش فراوانی یک ستون بسیار راحت تر از حذف یک ستون است، بنابراین اگر مشکل اصلی را کاهش دهیم هزینه‌ی کمتری خواهیمم پرداخت تا آنکه بخواهیم با مشکلات دیگر برخورد کنیم و آن‌ها را به طور کامل از بین ببریم. علاوه براین با کاهش فراوانی مشکل اصلی، حجم بیش‌تری از مشکلات و نواقص حل خواهد شد.

نمودار استخوان ماهی(ایشی کاوا- علت و معلول):

برای بررسی علت‌های مختلف به وجود آمدن مشکلات و دسته‌بندی علت‌ها، از این نمودار استفاده می‌شود. در واقع، هنگامی که علل بروز مشکل واضح نیست، نمودار استخوان ماهی می‌تواند ابزار مفیدی برای شناسایی علت‌های بالقوه باشد.

مثال: هیئت مدیره‌ی یک واحد صنعتی متوجه شده‌اند که تعدادزیادی از محورهای تولیدشده برای دستگاه گیربکس در خارج از حدود استاندارد است. لذا از مدیر کارگاه تراشکاری خواسته شده است تا علت‌ها را بررسی نموده و گزارش دهد. در نهایت یک گروه از مهندسان تولید و سرکارگران تشکیل شده و پس از ایجاد طوفان ذهنی، علل مختلف موثر بر ایجاد مشکل مذکور را در ۶ دسته‌ی زیر تقسیم بندی نموده‌اند:

دسته‌ی ۱: مواد اولیه
- تغییر در مواد اولیه
- نامناسب بودن مواد اولیه
- همگن نبودن

دسته‌ی ۲: نیروی انسانی
- کم بودن آموزش
- خستگی کارگر
- تغییر کارگر
- کاهش مهارت کارگر

دسته‌ی۳: اندازه‌گیری
- تغییر در وسایل اندازه‌گیری
- خراب شدن ابزار اندازه‌گیری
- کالیبره نبودن ابزار اندازه‌گیری

دسته‌ی۴: ماشین‌ها
- ماشین‌های قدیمی
- زیاد یا کم بودن سرعت ماشین
- فرسوده شدن ابزار ماشین

دسته‌ی۵: روش‌ها
- تغییر در روش‌ها
- روش‌های قدیمی
- روش‌های بد

دسته‌ی۶: شرایط محیطی
- روز و شب
- کمی یا زیادی نور

برای رسم نمودار استخوان ماهی برای مسئله‌ی فوق، به صورت زیر عمل می‌نماییم:

ابتدا در Worksheet موردنظر، در هر ستون در سطر مربوط به نام ثانویه، هریک از ۶ علل اصلی و در زیر آن‌ها عوامل مربوط به هرکدام را وارد می‌کنیم. مطابق شکل زیر:(شکل ۲۶)

Worksheet 1

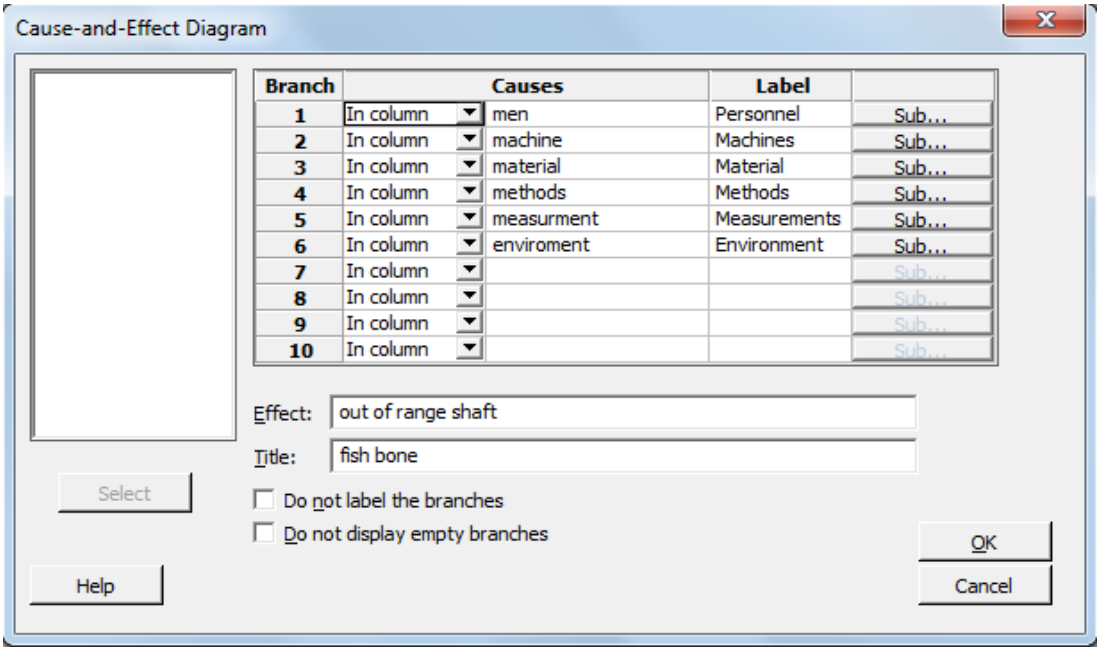
↓	C1-T	C2-T	C3-T	C4-T	C5-T	C6-T
	material	men	measurment	machine	methods	enviroment
1	change in material	little education	change in testing device	old machine	change in methods	day & night
2	bad material	worker fatigue	worn tools of measure	high or low speed	old method	high or low light
3	no hemogen	change in worker	no calibration	worn tools	bad method	
4		reduction in worker still				

(شکل۲۶)

سپس روند زیر را طی می‌نماییم:

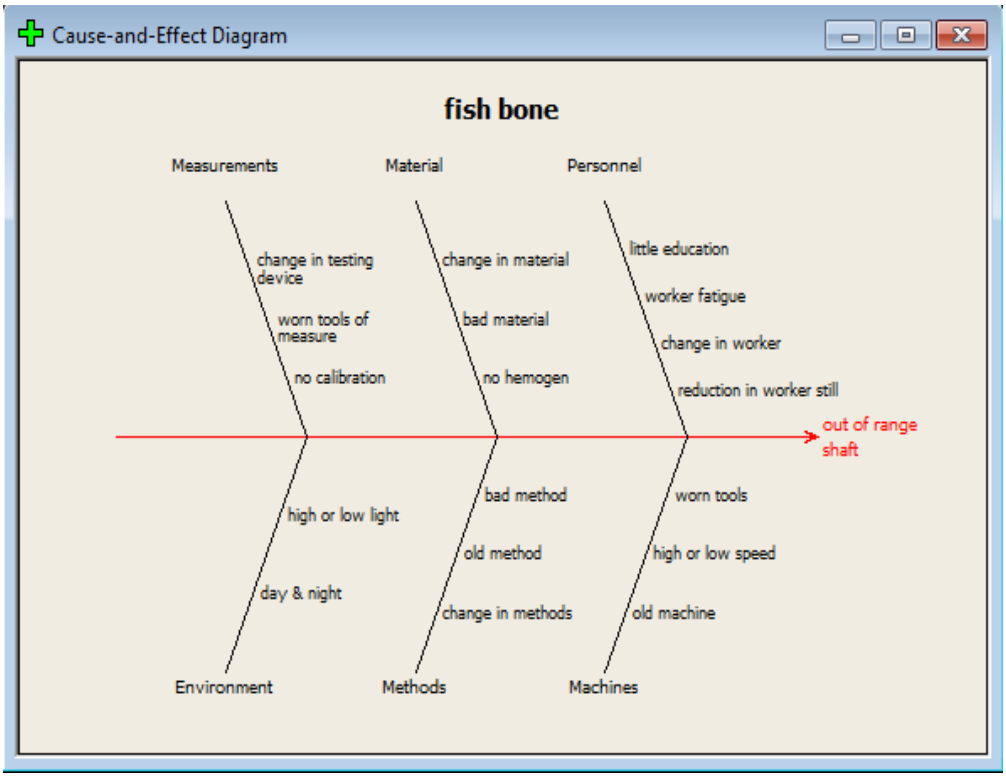
Stat→ Quality tools→cause-and-Effect..

صفحه‌ای به صورت زیر نمایان می‌شود: (شکل ۲۷)



(شکل ۲۷)

در قسمت cause، عناوین علت‌ها با توجه به Label وارد می‌شود. در بخش Effect، عنوانی که می‌خواهیم برروی محور افقی نمودار نمایان شود وارد می‌نماییم مثلا در این مثال Out of range shaft را قرار داده‌ایم. در قسمت Title نیز عنوان نمودار را وارد نموده و سپس دکمه‌ی OK را انتخاب می‌کنیم. نمودار حاصل به صورت زیر است: (شکل۲۸)



(شکل ۲۸)

نمودار پراکندگی

نمودار پراکندگی (Scatter Plot) برای نشان دادن تعامل بین دو پارامتر استفاده می‌شود. در واقع هنگامی که یک مشخصه را کنترل می‌کنیم، ممکن است بر روی مشخصه‌های دیگر تاثیر بگذارد. به عنوان مثال میزان سروصدا در کارگاه در بهره‌وری کارگران تاثیر می‌گذارد.

نمودار پراکندگی در پیش‌بینی رفتار آینده‌ی یک متغیر نیز تاثیر می‌گذارد.

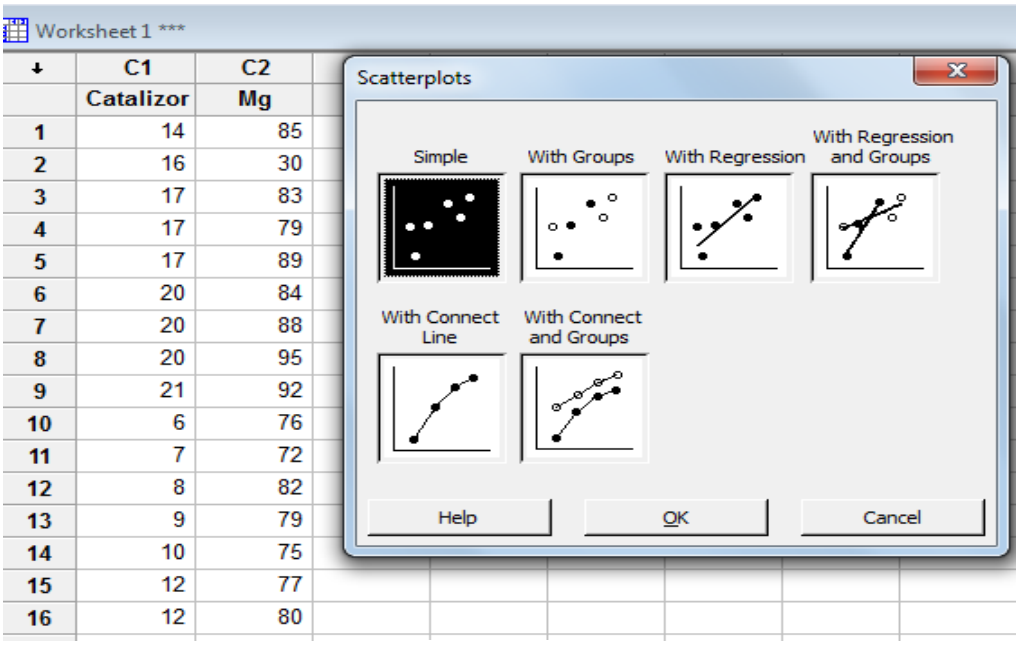
مثال: یک گروه پژوهشی مایل است تاثیر نوعی کاتالیزگر که به بوته اضافه می‌شود، بر میزان بازیافت منیزیم (برحسب درصد) را در یک فرایند ذوب بررسی نماید. داده‌های زیر از آزمایش‌های قبل موجود است:

درصد بازیافت منیزیم	میزان کاتالیزگر	درصد بازیافت منیزیم	میزان کاتالیزگر
79	9	85	14
75	10	30	16
77	12	83	17
80	12	79	17
79	13	89	17
80	16	84	20
89	22	88	20
85	24	95	20
91	25	92	21
100	25	76	6
95	26	72	7
90	28	82	8

پس از وارد کردن داده‌های فوق در Worksheet نرم افزار و سپس طی کردن روند زیر، صفحه‌ای مطابق شکل ۲۹ نمایان می‌شود.

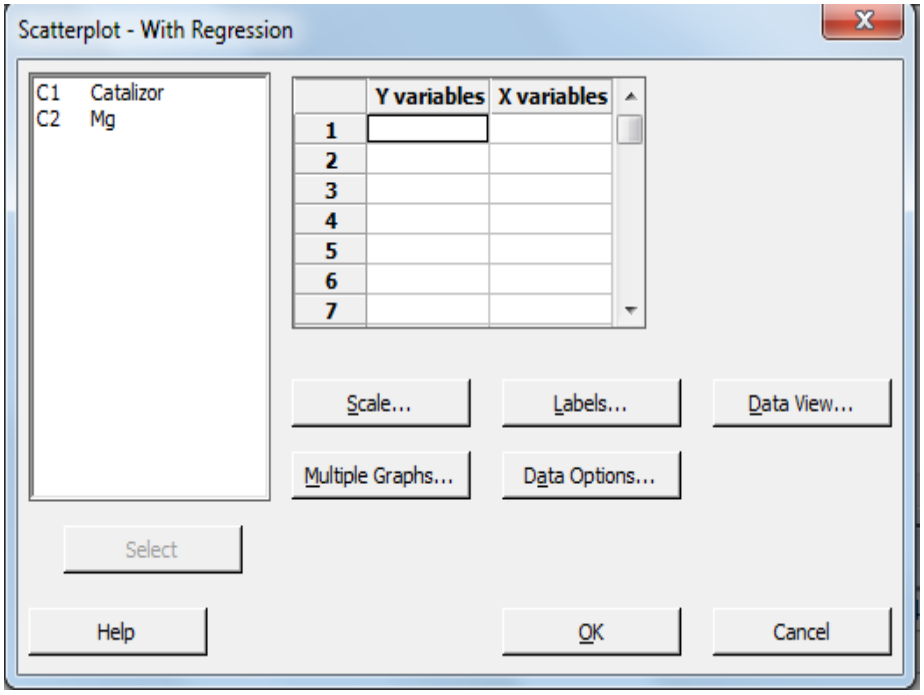
Graph→ Scatterplot

در صفحه‌ی ظاهرشده، گزینه‌های انواع مختلف نمودار پراکندگی در اختیار گذاشته شده است که به صورت پیش‌فرض نوع Simple انتخاب شده است. بسته به نیاز می‌توان هریک از انواع که می‌تواند ساده، گروه‌بندی شده، همراه با خط رگرسیون، همراه با خط متصل کننده‌ی نقاط و تلفیقی از این موارد باشد را انتخاب نمود.



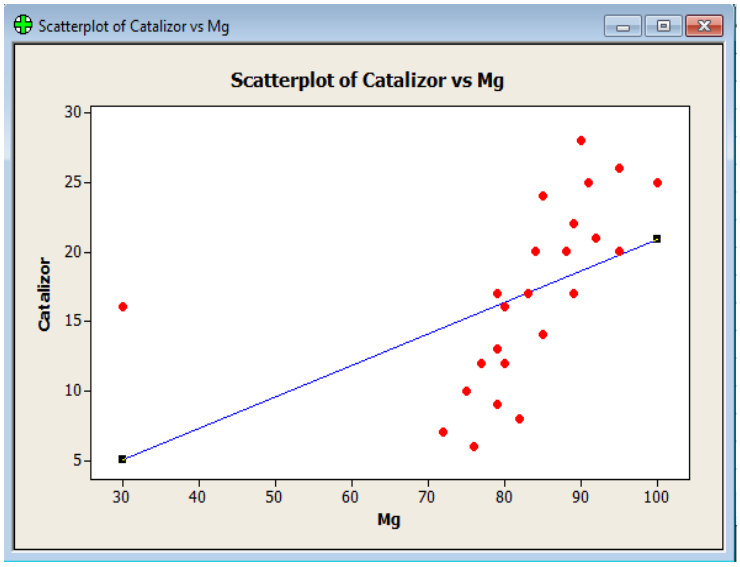
(شکل۲۹)

به عنوان نمونه برای مثال مطرح شده حالت همراه با خط رگرسیون را انتخاب می‌نماییم. صفحه‌ای مانند شکل زیر نمایش داده می‌شود: (شکل ۳۰)



(شکل۳۰)

با دوبار کلیک کردن برروی C1، C1 به بخش Y variables و با دو بار کلیک برروی C2، این ستون به بخش X variables منتقل می‌شود. با انتخاب گزینه‌ی OK نمودار زیر حاصل می‌شود: (شکل۳۱)



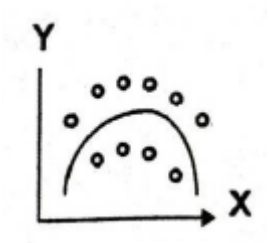
(شکل ۳۱)

الگوی متداول نمودار پراکنش:

۱. **الگوهای خطی:** الگوی خطی یکی از ساده‌ترین الگوهاست و دارای همبستگی مثبت و یا منفی می‌باشد. به عنوان مثال هرچقدر قد بچه افزایش یابد، وزن او نیز بیش‌تر می‌شود(همبستگی مثبت) و با هرچه تجربه کاری کارکنان افزایش یابد میزان خطای آن‌ها در کار کمتر می‌شود(همبستگی منفی). شکل ۳۲ نشان دهنده‌ی همبستگی مثبت بین درآمد افراد و پس انداز آن‌ها می‌باشد.

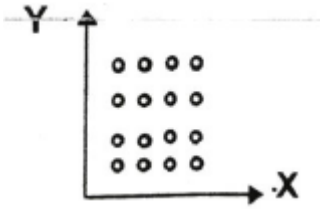
(شکل ۳۲)

۲. **الگوهای منحنی:** الگوی منحنی نشان می‌دهد که همبستگی متغیرها تا حد معینی در یک جهت است و سپس تغییر می‌کند. اثر یک متغیر تا مقطع معینی ممکن است مثبت باشد و سپس همان اثر منفی شود. به عنوان مثال افزایش ساعات کار روزانه تا حد معینی سبب افزایش بهره‌وری می‌شود ولی افزایش بیش از حد آن باعث کاهش بهره‌وری خواهد شد. این مطلب در شکل زیر نمایش داده شده است: (شکل۳۳)



(شکل۳۳)

۳. **الگوهای غیرمنظم**: این الگو نشان می‌دهد که دو متغیر هیچگونه تاثیری روی هم ندارند. به عنوان مثال شکل ۳۴ رابطه‌ی بین خطای محاسبات در رایانه و زمان خرابی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود هیچ ارتباطی با هم ندارند.



(شکل۳۴)

با توجه به نمودار رسم شده برای مثال مطرح شده(شکل۳۱)، همبستگی مثبت بین میزان کاتالیزر و درصد بازیافت منیزیم وجود دارد.

تعیین ضریب همبستگی

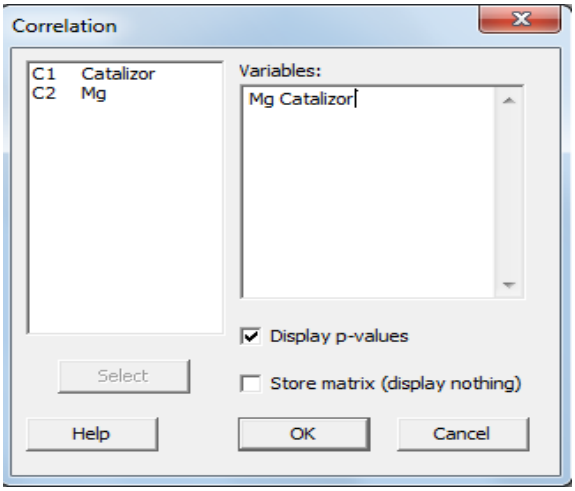
ضریب همبستگی معیاری است کمی برای تشخیص میزان رابطه‌ی خطی بین دو متغیر که عددی بین ۱و ۱- می‌باشد. عدد ۱ بیانگر همبستگی مستقیم مثبت بین دو متغیر و عدد ۱- بیانگر همبستگی مستقیم منفی بین دو متغیر است. جدول زیر میزان همبستگی را با توجه به قدرمطلق عدد ضریب همبستگی نشان می‌دهد.

میزان همبستگی	مقدار مطلق ضریب همبستگی
بسیاربالا	0.9-1
بالا	0.7-0.89
متوسط	0.4-0.69
پایین	0.2-0.39
بسیار پایین	0-0.19

برای محاسبه‌ی ضریب همبستگی با استفاده از Minitab به صورت زیر عمل می‌شود:

Stat→ Basic statistic→Correlation

صفحه‌ای مانند شکل۳۵ ظاهر می‌شود:



(شکل۳۵)

که در قسمت Variables نام ستون‌هایی که می‌خواهیم ضریب همبستگی بین داده‌های موجود درآن‌ها را تعیین نماییم، انتخاب می‌کنیم. در این مثال ستون‌های C1 و C2 وارد انتخاب می‌شوند. اگر گزینه‌ی display P-value انتخاب شود، پس از فشردن دکمه‌ی OK خروجی به صورت شکل زیر در پنجره‌ی Session نمایش داده می‌شود اما اگر گزینه‌ی store matrix (display nothing) انتخاب گردد، خروجی به صورت یک ماتریس در بخش Matrices در پنجره‌ی Project Manager ذخیره می‌گردد.

Correlations: Catalizor; Mg

```
Pearson correlation of Catalizor and Mg = 0.470
P-Value = 0.020
```

(شکل ۳۶)

نمودارهای کنترل

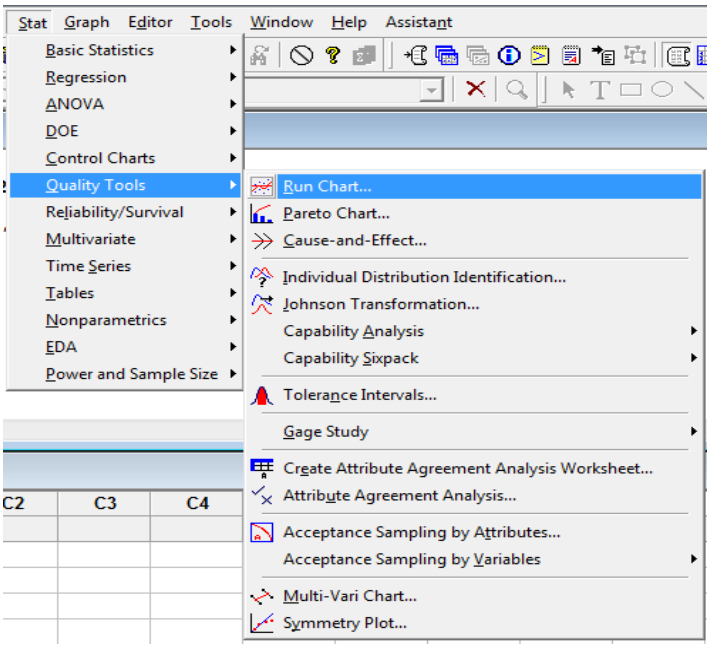
فرآیند تولید باید از تغییرپذیری کمی در حول مقدار تابع هدف یا ابعاد اسمی مشخصات کیفی فراورده، برخوردار باشد. هدف اصلی کنترل فرایند آماری، حداقل کردن تغییرپذیری فرایند است. نمودارکنترل ابزار مهمی در جهت کاهش تغییرپذیری است . با این نمودار می‌توان به وجود انحرافات با دلیل یا تغییر در فرایند پی برد. در نتیجه تا قبل از اینکه تعداد زیادی محصول معیوب تولید شود، علل ایجاد چنین انحرافیاتی بررسی و اقدامات اصلاحی انجام می‌گیرد. همچنین این نمودار برای تخمین پارامترها نیز مفید است.

ساده‌ترین نمودار کنترل شامل یک خط مرکزی (CL) که مقدار متوسط مشخصه کیفی را نشان می‌دهد و همچنین دو خط دیگر که حدبالای کنترل (UCL) و حدپایین کنترل(LCL) هستند، می‌باشد. حدود کنترل به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که اگر فرایند تحت کنترل باشد، آنگاه کلیه نقاطی که براساس اطلاعات نمونه محاسبه شده اند بین این حدود واقع شوند. اگر نقطه‌ای خارج از حدود باشد، نتیجه گیری می‌شود که فرایند در شرایط خارج از کنترل قرار دارد و اقدامات اصلاحی برای حذف منبع ایجاد انحرافات با دلیل نیاز است.

آزمون تصادفی بودن داده‌ها با Run chart:

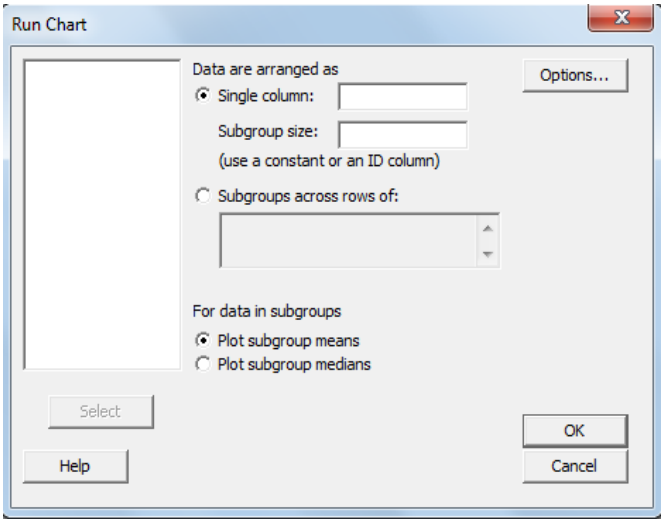
قبل ار اینکه نمودارهای کنترل را رسم کنیم باید روندهای غیرتصادفی کلی را از فرایند برطرف کنیم. می‌خواهیم این کار را با Run chart در Minitab انجام دهیم که در آن چهار فرض گرایش‌ها، نوسان‌ها، ترکیب‌ها و دسته بندی‌ها به صورت دوبه دو بررسی می‌شود. در این آزمون فرض صفر برابر است با اینکه هیچ گونه روند غیرتصادفی در فرایند دیده نمی‌شود و فرض یک برابر با وجود حداقل یکی از چهار روند غیرتصادفی ذکر شده است و در صورتی که P-value بزرگتر از α باشد(پیش فرض برنامه $\alpha = 0.05$)شود، فرض صفر قبول می‌شود.

برای رسم این نمودار مسیر شکل زیر را طی نمایید(شکل ۳۷) :



(شکل ۳۷)

صفحه ای مانند شکل ۳۸ نمایان می‌شود:



(شکل ۳۸)

در قسمت single column نام ستونی که داده‌های موردنظرتان در آن قرار دارد وارد نموده و در قسمت subgroup size عدد اندازه‌ی هر زیرگروه را وارد نمایید. در قسمت For data in subgroups می‌توانید مشخص کنید که خط نمودار دنباله از میانگین هر زیرگروه(plot subgroup means) یا از میانه‌ی هر زیرگروه(plot subgroup medians) عبورکند. با زدن دکمه‌ی Ok نمودار رسم شده نمایش داده می‌شود. اگر مقدار P-value برای هریک ازچهار روند غیرتصادفی کمتر از ۰.۰۵ باشد، یعنی آن الگوی غیر تصادفی در فرایند دیده می‌شود و باید علت آن را بررسی و رفع نمود.

نمودار کنترل برای مشخصه‌های متغیر

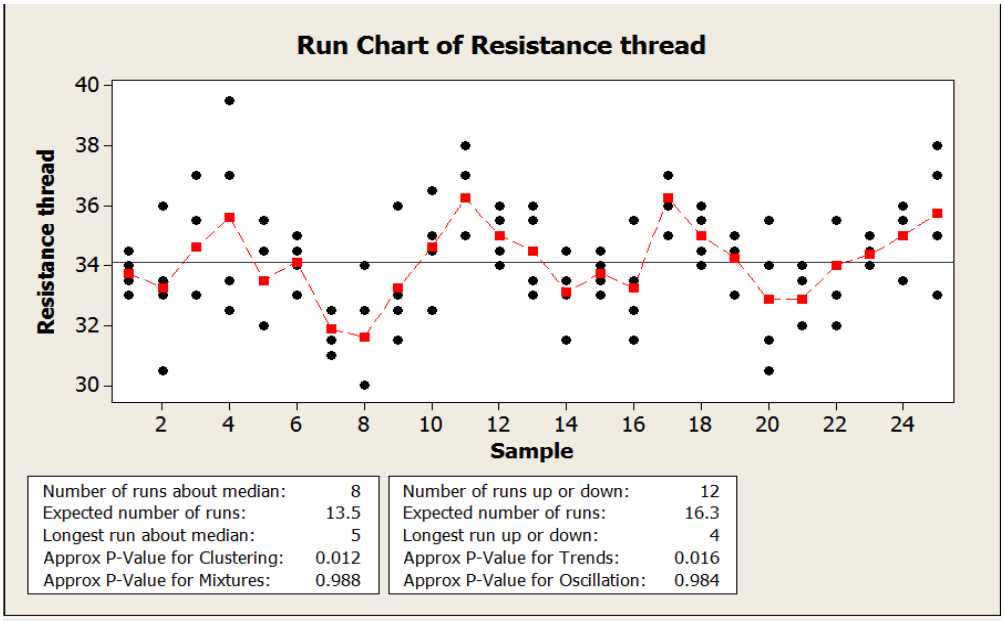
معمولا اگر مشخصه کیفی مورد مطالعه به صورت متغیر باشد، هم میانگین و هم پراکندگی آن را باید کنترل نمود زیرا دو عامل مهم که باعث خارج از کنترل واقع شدن فرایند می‌شوند عبارتند ازتغییر در میانگین مشخصه کیفی و یا تغییر در پراکندگی آن. بنابراین باید بتوان به وسیله‌ی نمودارهای کنترل این دو خصوصیت را کنترل نمود. میانگین فرایند معمولا به وسیله‌ی نمودار $\overline{X}$ وپراکندگی فرایند به وسیله‌ی نمودارهای R و S کنترل می‌شوند.

رسم نمودار $\overline{X}-R$ به وسیله‌ی Minitab:

مثال: در یک کارخانه ریسندگی که به تولید انواع نخ‌های پنبه‌ای با شماره‌های مختلف مشغول است. یکی از مشخصه‌های مهم کیفی نخ مقاومت آن است که برحسب گرم بر نیوتن اندازه‌گیری می‌شود. در حال حاضر پراکندگی میزان مقاومت نخ‌ها زیاد است و این مسئله مشکلاتی را در قسمت بافندگی ایجاد کرده است. کارشناسان بخش مهندسی صنایع کارخانه قصد استفاده از نمودارهای کنترل را برای کاهش تغییرپذیری فرایند دارند. داده‌های جمع آوری شده به صورت زیر است:

نمونه/زیرگروه	1	2	3	4
1	34.5	33	33.5	34
2	30.5	36	33.5	33
3	33	33	35.5	37
4	39.5	37	33.5	32.5
5	32	34.5	35.5	32
6	33	35	34.5	34
7	31	32.5	32.5	31.5
8	30	30	32.5	32
9	31.5	33	36	32.5
10	32.5	35	34.5	32.5
11	38	37	35	35
12	36	34.5	34	35.5
13	35.5	36	33.5	33
14	33	31.5	32.5	33.5
15	34	33.5	34.5	33
16	32.5	33.5	35.5	31.5
17	37	35	36	37
18	35.5	36	34	34.5
19	35	34.5	34.5	33
20	30.5	31.5	34	35.5
21	34	32	33.5	32
22	35.5	33	35.5	32
23	34	34.5	35	34
24	33.5	36	35	35.5
25	33	35	37	38

Run chart این داده‌ها به صورت شکل زیر است. همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار P-value برای هر الگوهای دسته‌بندی و گرایش، کمتر از ۰.۰۵ است پس یک الگوی دسته بندی و یک الگوی گرایشی غیر تصادفی در این فرایند وجود دارد که باید علت آن بررسی شده و حذف گردد.

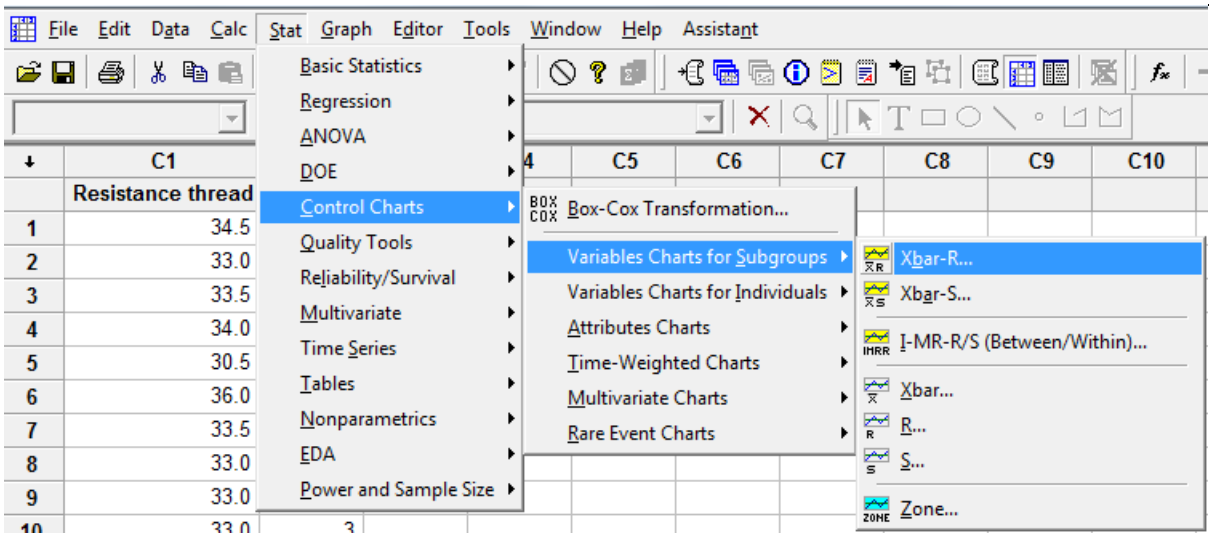


(شکل۳۹)

برای رسم نمودار $\overline{X}-R$ به صورت زیر عمل نمایید:

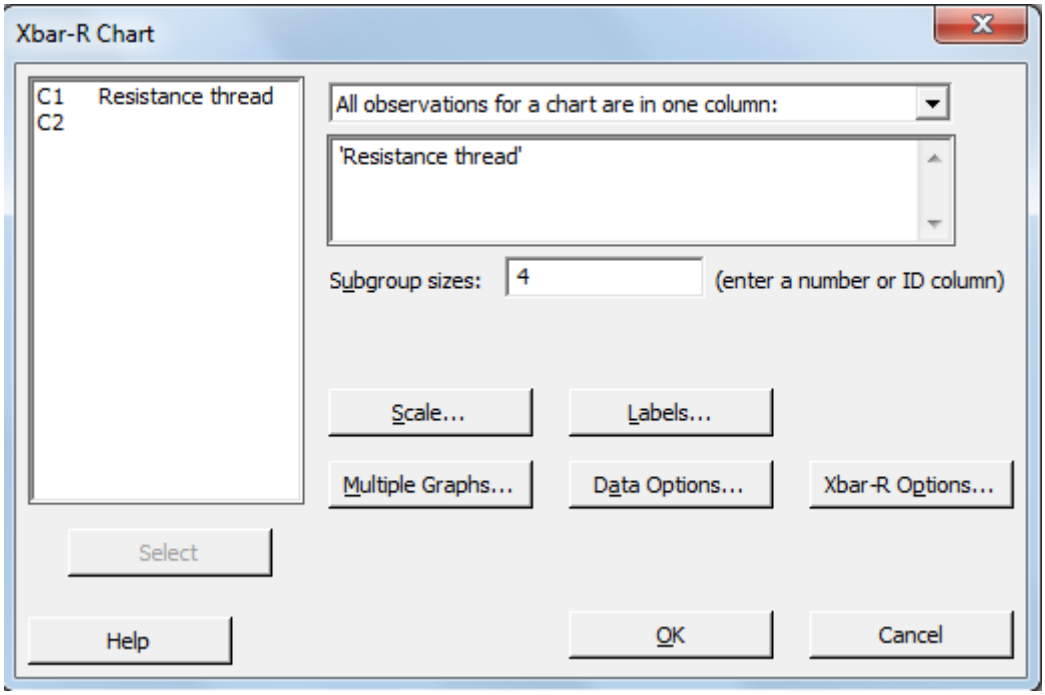
داده‌ها را به ترتیب براساس زیرگروه در worksheet موردنظر در ستون C1 وارد نمایید.(زیرگروه اول در سلول‌های ۱تا۴، زیرگروه دوم در سلول‌های ۵ تا۸ و...). با توجه به شکل ۴۰ روند زیر را طی نمایید:

Stat→ Control charts→Variable charts for subgroups→ Xbar $-R$



(شکل۴۰)

پنجره‌ای مانند شکل زیر نمایان می‌شود:

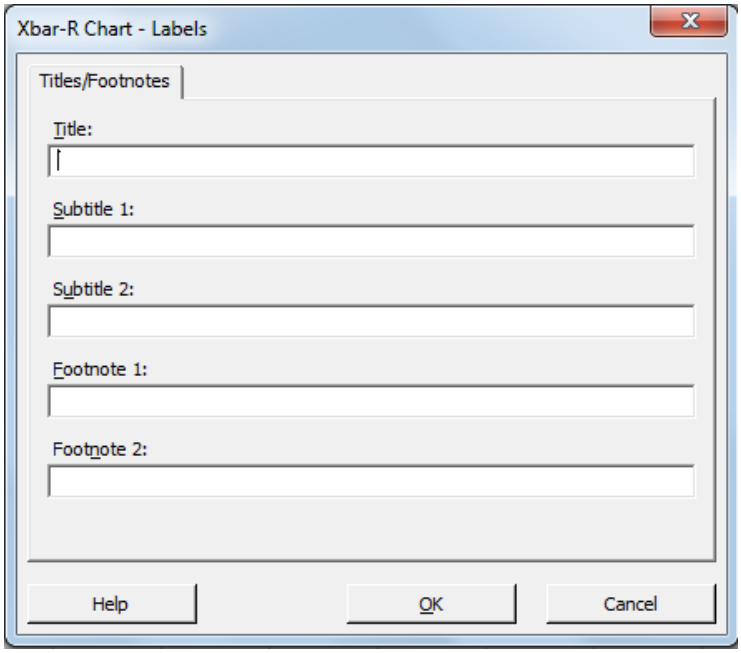


(شکل۴۱)

با دوبار کلیک کردن برروی C1،C1 به بخش Variableمنتقل می‌شود. در بخش subgroup size تعداد زیرگروه‌ها که در این مثال ۴ می‌باشد را وارد نمایید.

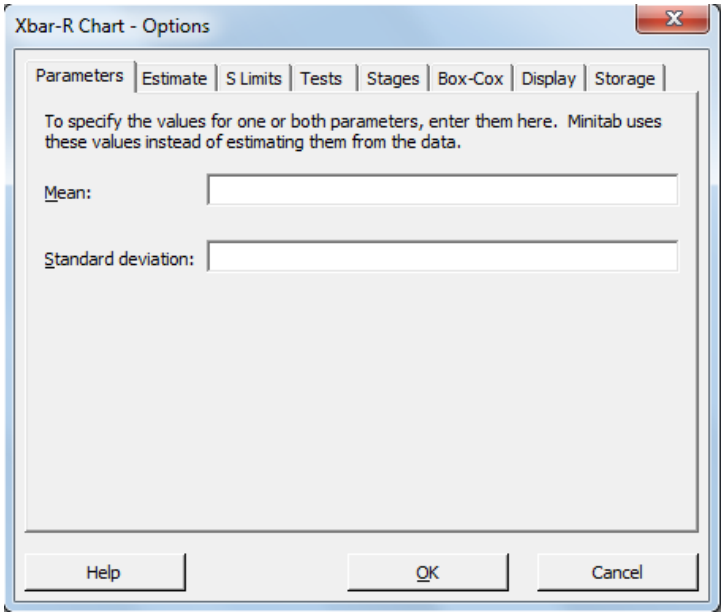
نکته: اگر اندازه زیرگروه‌ها متفاوت باشد، در worksheet مربوطه در ستونC2 شماره‌ی زیرگروهی را که نمونه به آن تعلق دارد وارد کنید. به عنوان مثال اگر اندازه زیرگروه اول ۳ و زیرگروه دوم ۴ باشد، در C2 در سلول‌های ۱ تا ۳ عدد ۱(مربوط به زیرگروه اول) و در سلول‌های ۴ تا ۷ عدد ۲(مربوط به زیرگروه دوم)را وارد نمایید و سپس در بخش subgroup size، ستون C2 را وارد کنید.

با انتخاب گزینه‌ی Label صفحه‌ای مانند شکل ۴۲ ظاهر می‌شود که در آن می‌توانید عنوان اصلی نمودار و زیرنویس‌هایی که می‌خواهید به نمودار اضافه نمایید را درج کنید. متن Subtitle ها در بالای نمودار و متن Footnote ها در زیر نمودار نشان داده می‌شوند.



(شکل ۴۲)

با انتخاب گزینه‌ی Xbar-R options صفحه‌ای مطابق شکل ۴۳ نمایان می‌شود که شامل تب‌های مختلفی می‌باشد. در تب Parameters، اگر مقدار میانگین و انحراف استاندارد واقعی فرایند را می‌دانید به ترتیب در قسمت‌های Mean و Standard deviation وارد نمایید. در غیر این‌صورت خود Minitab با توجه به داده‌های وارد شده، این مقادیر را تخمین می‌زند.

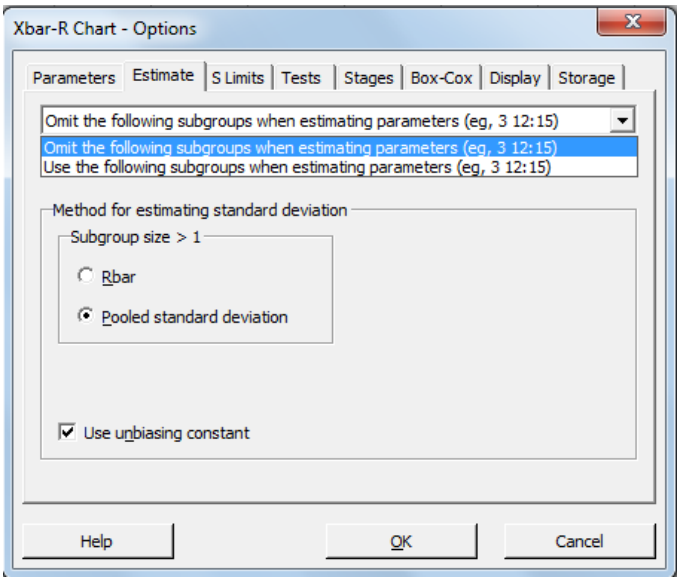


(شکل ۴۳)

در تب Estimate که مانند شکل۴۴ می‌باشد، می‌توانید روشی را که نرم‌افزار براساس آن انحراف استاندارد فرایند را تخمین می‌زند، انتخاب نمایید. این روش‌ها شامل استفاده از دامنه داده‌های نمونه (Rbar)، و یا استفاده از روش Pooled Standard deviation می‌باشد.

درصورتی که برای برآورد میانگین و انحراف استاندارد نخواهید از تمام داده‌های نمونه‌ای استفاده کنید در چهارگوش متنی بالای این تب در زیر گزینه‌ی Omit the following subgroups when estimating parameters شماره‌ی نمونه‌هایی که نمی‌خواهید در برآورد پارامترها به کار رود را وارد نمایید. به عنوان مثال وارد کردن ۱۲ ۱:۵ در این بخش، یعنی نمونه‌های ۱و۲و۳و۴و۵و۱۲ در برآورد پارامترها استفاده نشوند. اگر بخواهید داده‌هایی را از محاسبات حذف کنید بهتر است به worksheetرفته و داده های موردنظر را Delete کرده، سپس روی نمودار Xbar-R راست کلیک کرده و گزینه‌ی Update Graph automatically را انتخاب نمایید. معمولا حذف کردن مشاهده ها زمانی کاربرد دارد که نمونه‌هایی از حدود کنترل بیرون افتاده باشد و شما قصد اصلاح حدود کنترل را دارید.

هم‌چنین اگر در این بخش، گزینه‌ی Use the following subgroups when estimating parameters را انتخاب نمایید، در چهارگوش متنی زیر آن باید شماره‌ی نمونه‌هایی که می‌خواهید در برآورد میانگین و انحراف استاندارد به کار روند را وارد نمایید. به عنوان مثال وارد کردن ۱۲ ۱:۵ در این بخش، یعنی فقط نمونه‌های ۱و۲و۳و۴و۵و۱۲ در برآورد پارامترها استفاده شوند.



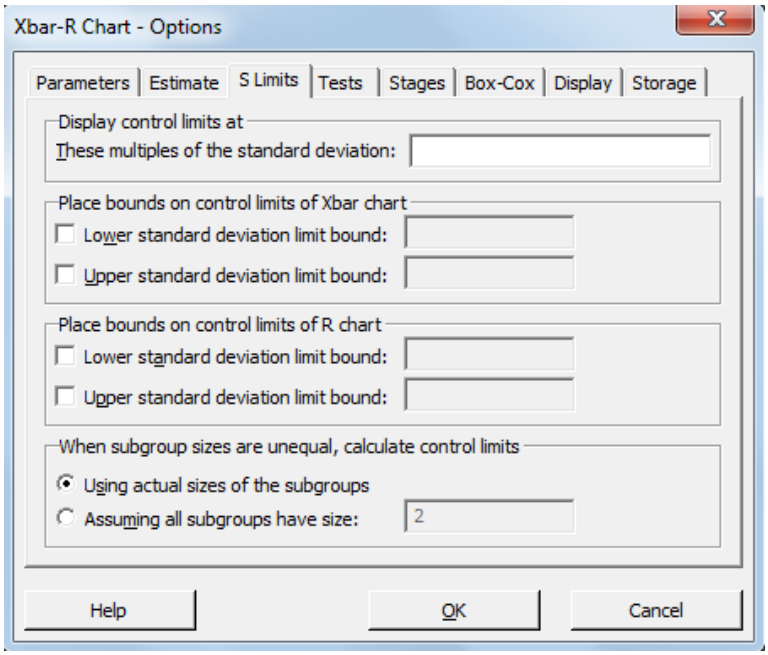
(شکل۴۴)

با انتخاب تب S Limits، صفحه‌ای مطابق شکل ۴۵ ظاهر می‌شود.

در قسمت Place bounds on control limits می‌توانید حدودی را که می‌خواهید بر روی نمودار رسم شود، مشخص کنید. به عنوان مثال اگر در بخش Display control limit at و در کادر مقابل These multiples of the standard deviation اعداد 3 2 1 را وارد نمایید، این مضارب از انحراف استاندارد در نمودار نمایش داده می‌شوند. در قسمت place bound on control limit of Xbar-chart می‌توانید در صورتی که بخواهید برای نمودار کنترل خود

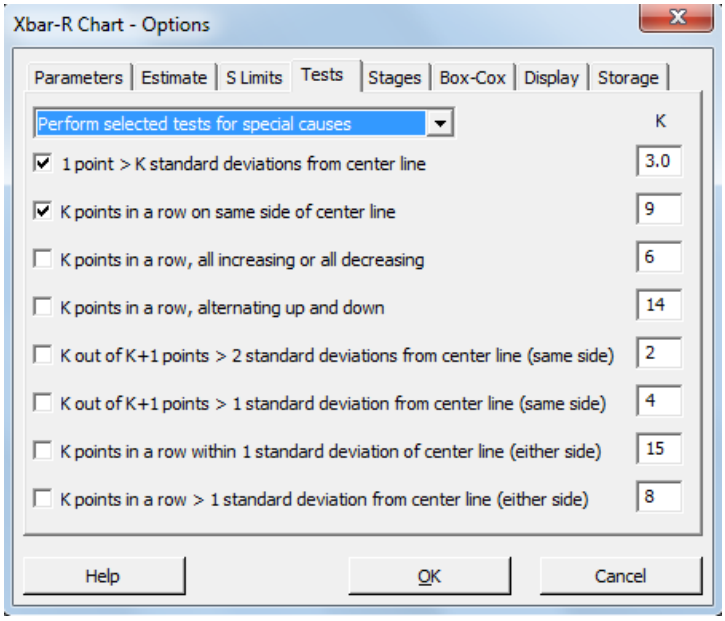
حدود دلخواه تعریف کنید. به طوری که با واردکردن Upper Bound وLower Bound نمودار از این حدود بالاتر یا پایین تر خطی رسم نمی‌کند. هم‌چنین این کار را می‌توان برای نمودار R انجام داد.

قسمت آخر این تب هنگامی استفاده می‌شود که اندازه‌ی زیرگروه‌های نمونه‌ها متفاوت باشد. در این حالت اگر گزینه‌ی Using actual sizes of the subgroups انتخاب گردد، Minitab برای محاسبه‌ی حدود کنترل از همان اندازه‌هایی که در ابتدا معرفی نموده‌اید استفاده می‌کند. هنگامی که اندازه‌ی نمونه ها یکسان نباشد، حدود کنترل به صورت یک خط مستقیم نخواهد بود بلکه برای هر نمونه حدود کنترل فرق خواهد داشت. در این صورت اگر بخواهید یک حدود کنترل داشته باشید می‌توانید Assuming all subgroups have size را انتخاب نموده و در چهارگوش متنی جلوی آن اندازه‌ی زیرگروه را وارد نمایید. در این حالت Minitab برای رسم خطوط کنترل از این اندازه استفاده می‌نماید.



(شکل ۴۵)

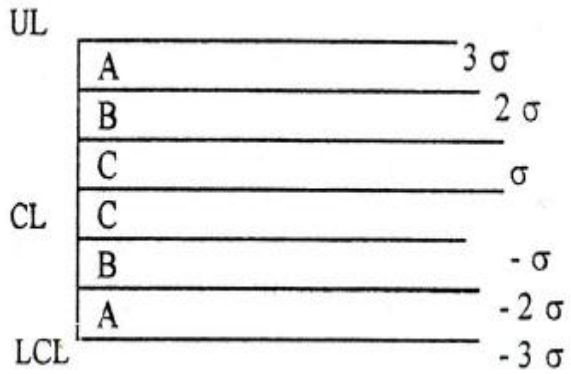
تب بعدی در صفحه‌ی Xbar-R chart-options، تب Tests می‌باشد که در آن می‌توانید از آزمون‌های حساس سازی نمودارهای کنترل استفاده نمایید (شکل ۴۶). با انتخاب گزینه‌ی Perform all Tests for special causes ، نرم‌افزار همه‌ی تست‌ها را در نظر می‌گیرد. همچنین می‌توانید بر روی گزینه‌ی Perform Selected Tests for special causes کلیک کرده و هرکدام از آزمون‌ها را که می‌خواهید انتخاب نمایید. در ادامه توضیح مختصری درمورد آزمون‌های کنترلی ارائه می‌شود.



(شکل۴۶)

آزمون‌های کنترلی:

در نمودارهای کنترلی می‌توان به طور همزمان از چندین معیار مختلف برای شناسایی حالت خارج از کنترل در نمودار استفاده کرد. معیار اصلی مشاهده‌ی یک یا چند نقطه خارج از حدود کنترل است. معیارهای اضافی را معمولا برای حساس‌تر کردن نمودارهای کنترل جهت پی بردن به تغییرات کوچک در فرایند و نشان دادن عکس‌العمل سریع‌تر نسبت به وجود خطاهای با دلیل به کار برد. تقسیم‌بندی نواحی مختلف نمودارهای کنترل در شکل زیر نشان داده شده است.



(شکل۴۷)

با توجه به این نواحی Minitab توانایی انجام ۸ نوع آزمون مختلف زیر را دارد:

آزمون۱: یک نقطه خارج از ناحیه A

آزمون۲: نه نقطه متوالی در یک ردیف ناحیه C یا خارج از آن

آزمون۳: شش نقطه متوالی با روند صعودی یا نزولی

آزمون۴: چهارده نقطه متوالی با روند صعودی و نزولی (حالت سینوسی)

آزمون۵: دو نقطه از سه نقطه‌ی متوالی در ناحیه A یا خارج از آن

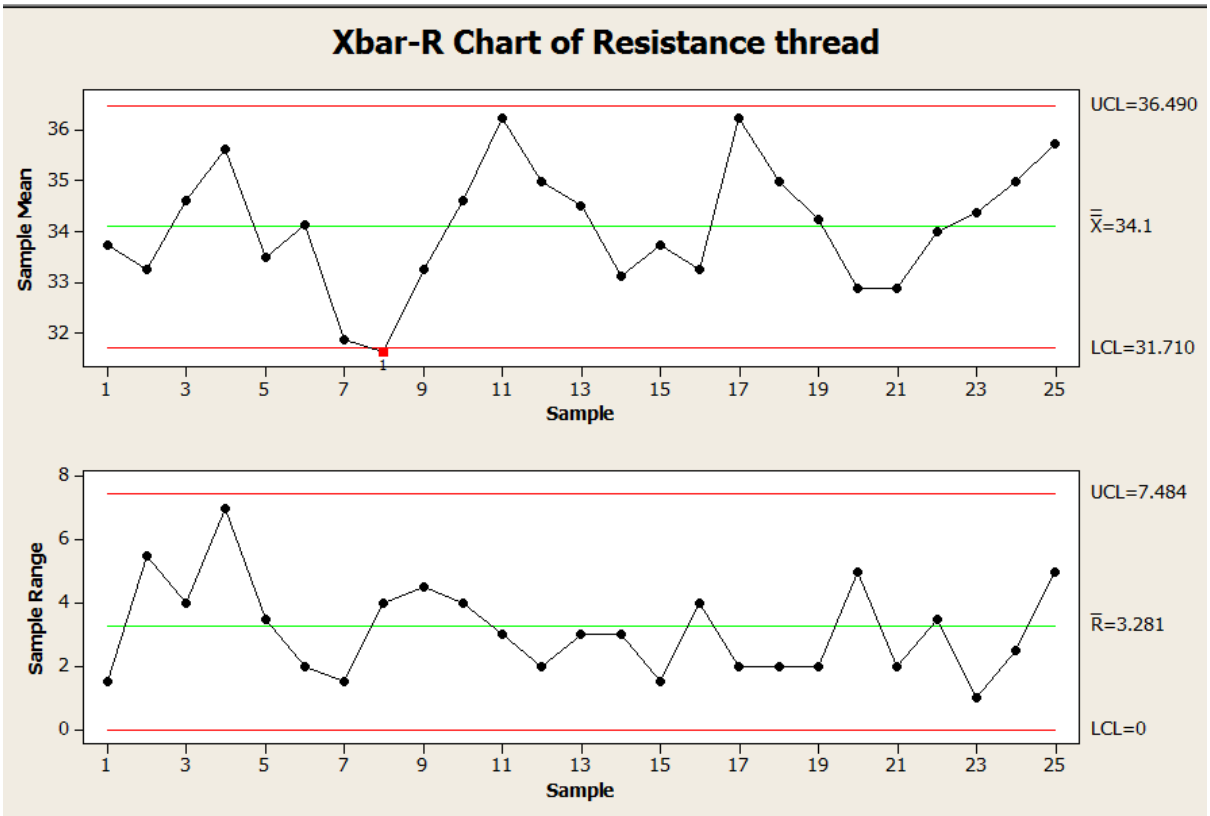
آزمون۶: چهار نقطه از پنج نقطه متوالی در ناحیه B یا خارج از آن

آزمون۷: پانزده نقطه متوالی در ناحیه C

آزمون۸: هشت نقطه متوالی خارج از ناحیه C

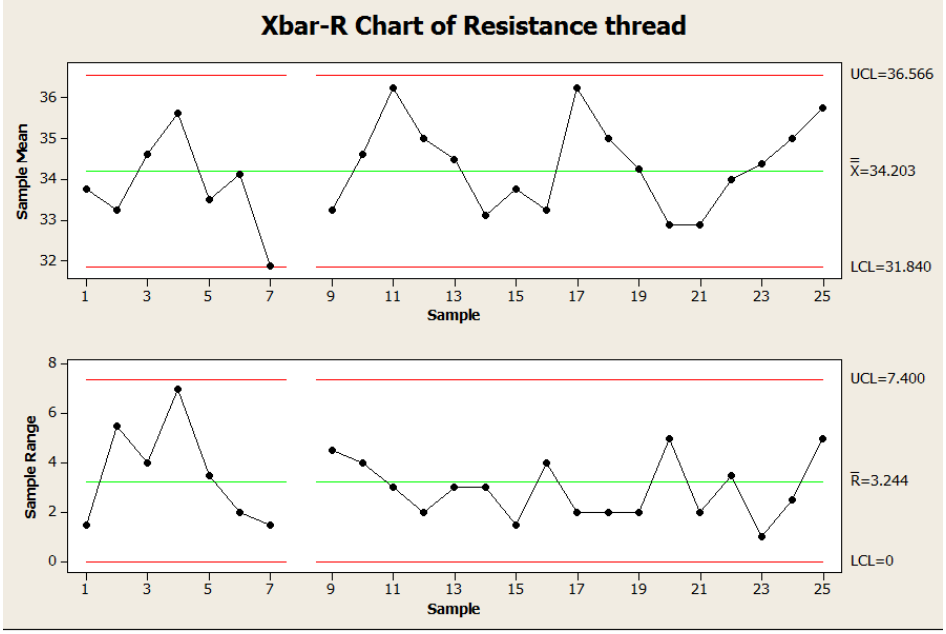
در تب storage می‌توانید با فعال کردن گزینه‌های Means و Standard deviation ، این تخمین‌ها را در دو ستون مجزا به منظور انجام تحلیل‌های بعدی ذخیره نمایید.

در نهایت پس از بررسی هریک از تب‌های تشریح شده، با زدن دکمه‌ی OK نمودار کنترل Xbar-R برای داده‌های وارد شده به صورت زیر خواهد بود.



(شکل۴۸)

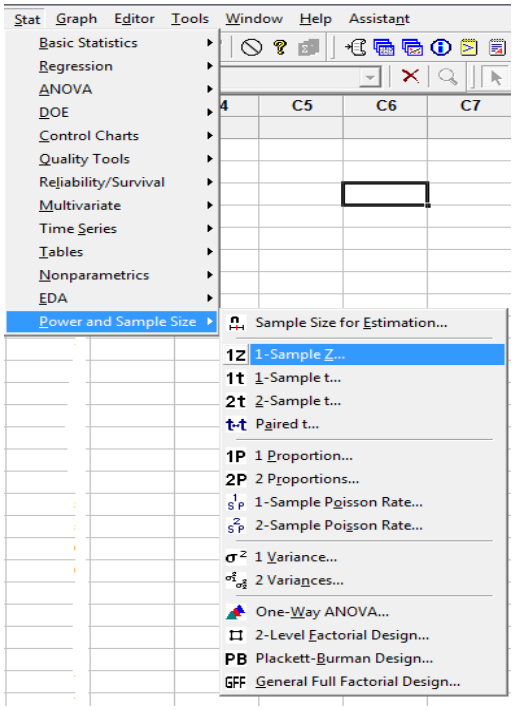
همانطور که در شکل ۴۸ مشاهده می‌شود، نمودار R تحت کنترل است اما یک نقطه از نمودار Xbar پایین تر از حد پایین کنترل افتاده است پس باید حذف گردد و علت آن برطرف شود. برای حذف نقطه بیرون افتاده به صفحه‌ی worksheet رفته و شماره‌ی نمونه های ۲۹ تا ۳۲ را حذف نمایید. سپس بر روی نمودار راست کلیک کرده و گزینه‌ی Update Graph automatically را انتخاب نمایید. هم چنین برای این کار می‌توانید از تب Estimate استفاده نمایید. نمودار اصلاح شده به صورت زیر خواهد بود:



(شکل۴۹)

حال فرض کنید مدیر کارخانه می‌داند اگر میانگین مقاومت نخ‌ها از ۳۱.۷۵ کمتر شود مشکلات زیادی در تولید آن‌ها به وجود خواهد آمد. این فرد می‌خواهد بداند در صورتی که چنین تغییری در مقاومت نخ‌ها به وجود بیاید، با توجه به اینکه نمونه‌های ۴ تایی در هر روز گرفته شود، در چندمین روز پی به چنین تغییری خواهد برد؟

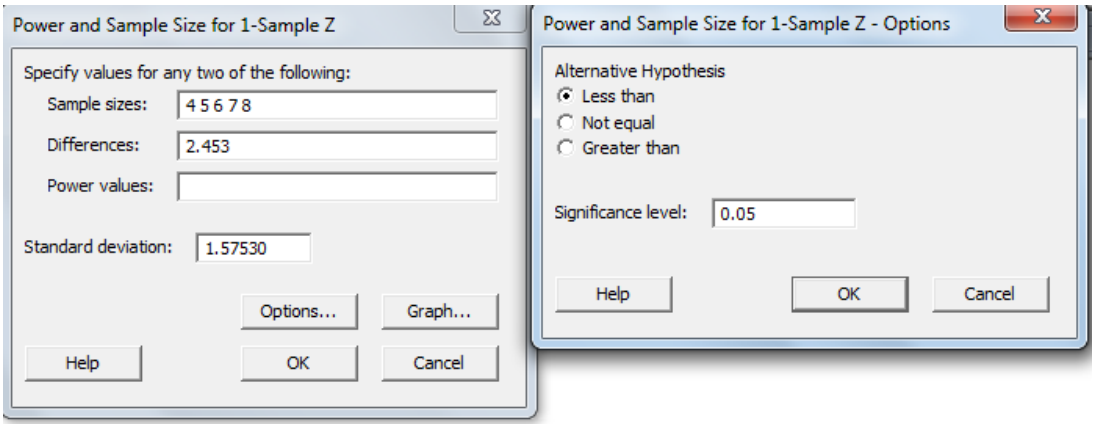
برای پاسخ به این سوال باید شاخص ARL را برای وقتی که فرایند خارج از کنترل است و میانگین نمونه‌های مقاومت نخ به اندازه‌ی ۲.۴۵۳ تغییر داشته باشد و اندازه‌ی نمونه ۴ باشد، بدست آوریم. همان طور که می‌دانید $ARL = \frac{1}{1-\beta}$ می‌باشد، پس باید ابتدا $1 - \beta$ را محاسبه نماییم. مسیر نشان داده شده در شکل ۵۰ را طی نمایید:



(شکل ۵۰)

صفحه ای مانند شکل ۵۱ ظاهر می‌شود. در قسمت Sample size به ترتیب اعداد ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ را وارد نمایید و در قسمت differences عدد ۲.۴۵۳ را وارد کنید. در کادر مقابل standard deviation عدد تخمین زده شده برای انحراف استاندارد فرایند را وارد نمایید. قسمت Power Valuesرا خالی گذاشته تا $\beta - 1$ یا توان آزمون به دست بیاید. همواره در این بخش باید بین Differences، Power Values و sample size دو تا را پر کرده تا نرم افزار گزینه‌ای را که مجهول است و خالی گذاشته شده است محاسبه نماید.

با چنین تعاریفی منحنی OC (با این تفاوت که محور افقی آن به جای $\beta - 1$، β می‌باشد) و $\beta - 1$ برای تمام اندازه نمونه‌های ذکر شده رسم و محاسبه می‌شود. حال گزینه‌ی Option را انتخاب کرده و در قسمت Alternative Hypothesis چون مقادیر کمتر از میانگین برای ما مهم می‌باشد Less than را انتخاب کرده و در قسمت significance level مقدار α می‌باشد وارد نمایید و بر روی OK کلیک کنید.



(شکل ۵۱)

پس از به دست آوردن مقدار $1-\beta$ به ازای هر اندازه نمونه‌ای که وارد کرده باشید می‌توانید از طریق فرمول ARL را محاسبه کرده و تحلیل‌های لازم را انجام دهید.

با توجه به مباحث گفته شده در نمودار X bar-R ، می‌توان نمودارهای دیگر مربوط به مشخصه‌های متغیر رارسم نمود.

نمودار کنترلی تک مشاهده‌ای

هنگامی که هر زیرگروه تنها شامل یک نمونه باشد، در رسم نمودار کنترلی Xbar محاسبه تخمینی از انحراف معیار به طورطبیعی امکان ندارد. در این حالت از نمودارهای کنترل بخش Individuals chart به جای نمودار xbar استفاده می‌گردد.

رسم نمودار I-MR

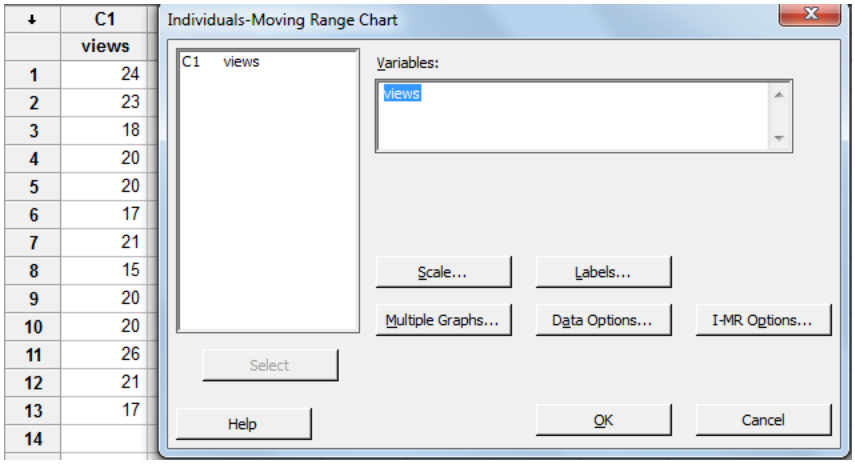
مثال: داده‌های زیر جمع آوری شده است:

مشاهدات
24
23
18
20
20
17
21
15
20
20
26
21
17

روند زیر را اجرا نمایید:

Stat→ Control charts→Variable charts for individuals→ $I-MR$

صفحه‌ای مانند شکل زیر نمایان می‌شود:



(شکل۵۲)

در قسمت variable ستون C1 را وارد نمایید. با رفتن به بخش I-MR options تب‌های مختلفی نمایش داده می‌شود:

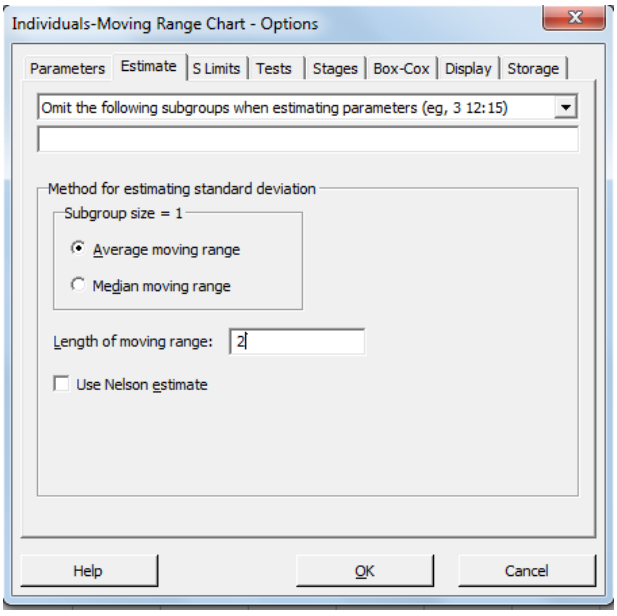
در تب Estimate مانند سایر نمودارها می‌توانید برای حذف داده‌ها از بخش بالایی آن استفاده کنید. در قسمت Method for estimating standard deviation دو روش برای تخمین انحراف معیار وجود دارد:

روش اول: Average moving range: با استفاده از میانگین دامنه‌های متحرک

روش دوم: Median moving range: با استفاده از میانه‌ی دامنه‌های متحرک

توجه: سعی کنید از روش اول استفاده نمایید چون دقیق‌تر است و همه‌ی داده‌ها را شرکت می‌دهد.

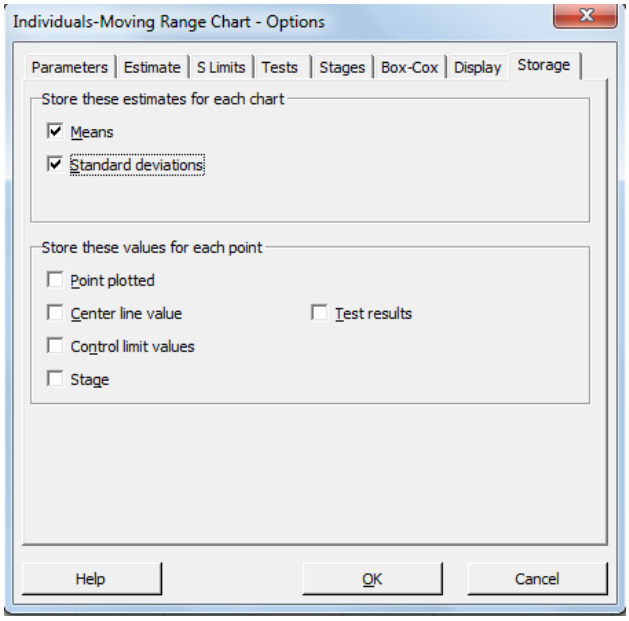
در قسمت Length if moving range می‌توانید طول دامنه‌ی متحرک را مشخص کنید. هرچه طول دامنه‌ی متحرک کمتر باشد بهتر است اما حداقل باید برابر ۲ باشد. (شکل۵۳)



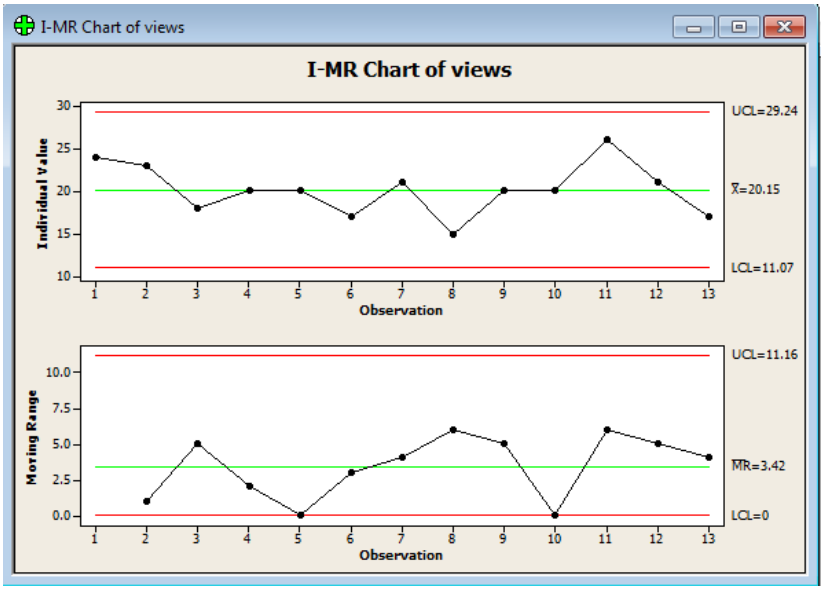
(شکل۵۳)

در قسمت storage گزینه‌های Means و Standard deviation را فعال نمایید (مطابق شکل ۵۴) تا این تخمین‌ها به منظور استفاده‌های بعدی ذخیره گردند.

در نهایت با زدن دکمه‌ی Ok نمودار شکل ۵۵ حاصل می‌شود و همان طور که مشاهده می‌گردد فرایند مورد نظر تحت کنترل می‌باشد.



(شکل ۵۴)



(شکل۵۵)