



به نام او که علم مطلق از آن اوست

برگزار کننده :

موسسه مشاوران توسعه کیفیت
با همکاری اداره کل استاندارد و
شرکت شهرکهای صنعتی استان مازندران

مدرس دوره:

آقای مهندس اسکندری

۱۴۰۱



اداره کل استاندارد استان مازندران



شرکت شیمیایی صنعتی مازندران



نام دوره کاربرد نرم افزار مینی تب 21.2 ویرایش 2022 در کنترل کیفیت و آزمایشگاه

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



سرفصل‌ها:



- معرفی نرم افزار مینی تب
- مروری بر شاخص های آماری
- انجام محاسبات آماری در مینی تب
- ترسیم نمودارهای ستونی و خطی و دایره ای و ... در مینی تب
- ترسیم هیستوگرام در مینی تب
- ترسیم نمودار پارتو در مینی تب
- ترسیم نمودار کنترل در مینی تب
- محاسبه درصد اقلام نامنطبق، با استفاده از توزیع نرمال در مینی تب
- انجام محاسبات شاخص های قابلیت فرایند در مینی تب
- رگرسیون در مینی تب
- آزمون های آماری (F, t, ANOVA) در مینی تب





معرفی نرم افزار مینی تب:

مینی تب، نرم افزاری است که به کمک آن می توان بسیاری از محاسبات و عملیات ریاضی و آماری را انجام داد و تقریباً تمامی نمودارهای آماری و به خصوص، نمودارهایی را که در کنترل کیفیت (و آزمایشگاه) به کار می رود، ترسیم و تحلیل کرد.

این نرم افزار، ساخت شرکتی به همین نام است. آخرین ویرایش آن به شماره 21.2 است که در سال 2022 منتشر شد.

برای اطلاعات بیشتر می توانید به سایت زیر مراجعه کنید:

www.minitab.com

مروری بر شاخص‌های آماری

5

۱- میانگین:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

۲- انحراف معیار:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$



انجام محاسبات آماری در مینی تب

۱- داده‌های خود را در یکی از ستون‌های جدول برنامه وارد کنید (مانند ستون C1).

۲- از فهرست اصلی، مراحل زیر را دنبال کنید:

Stat → Basic Statistics → Display Descriptive Statistics...

۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، روی نام ستونی که داده‌ها را در آن وارد کرده‌اید (مانند C1) کلیک کنید و کلید **Select** را فشار دهید.

۴- کلید **Statistics...** را فشار دهید. در صفحه جدیدی که ظاهر می‌شود، شاخص‌های آماری مورد نظر خود را فعال کنید. کلید **OK** را بزنید.

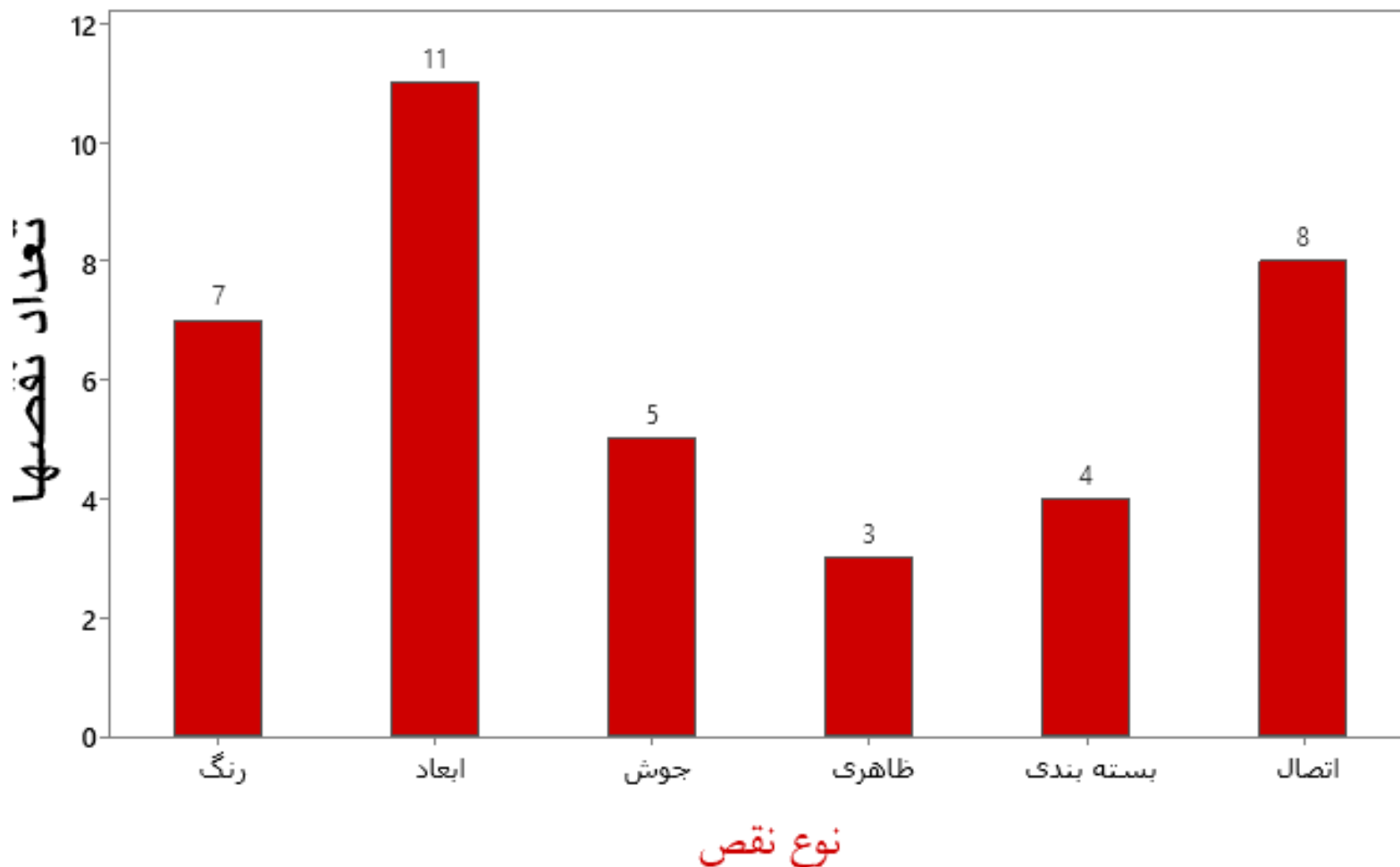
۵- در این صفحه نیز کلید **OK** را بزنید و نتیجه را در قسمت بالای صفحه، ملاحظه کنید.



ترسیم نمودار در مینی تب

- ۱- داده‌های خود را در دو ستون جدول وارد کنید (مثلاً در ستون **C1** نام یا کد و در ستون **C2** مقادیری عددی).
- ۲- از فهرست اصلی، گزینه **Graph** و سپس نوع نمودار مورد نظر خود (مانند **Bar Chart...**) را انتخاب کنید.
- ۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، از قسمت **Bars represent:** گزینه **Values from a table** را انتخاب کنید.
- ۴- در صفحه جدیدی که پدیدار می‌شود، در بخش **Graph variables:** ستون **C1** و در بخش **Categorical variable:** ستون **C2** را انتخاب یا وارد کنید.
- ۵- کلید **OK** را بزنید تا نتیجه کار را ملاحظه کنید.

نمودار ستونی



نمودار دایره‌ای (Pie Chart)

❖ کاربرد: نشان دادن میزان سهم عوامل مختلف در ایجاد یک پدیده.

❖ مثال: در یک فرایند تولید، تعداد هر یک از انواع نقص‌هایی که در طول یک هفته در محصول مشاهده شده است، در جدول زیر ثبت شده است. می‌خواهیم نمودار دایره‌ای آن را رسم و تحلیل کنیم.

تعداد نقص‌ها	کد نقص
7	رنگ
11	ابعاد
5	جوش
3	ظاهری
4	بسته‌بندی
8	اتصال



ترسیم نمودار دایره‌ای در مینی‌تب

۱- داده‌های خود را در دو ستون جدول وارد کنید (مثلاً در ستون C1 نام یا کد و در ستون C2 مقادیری عددی).

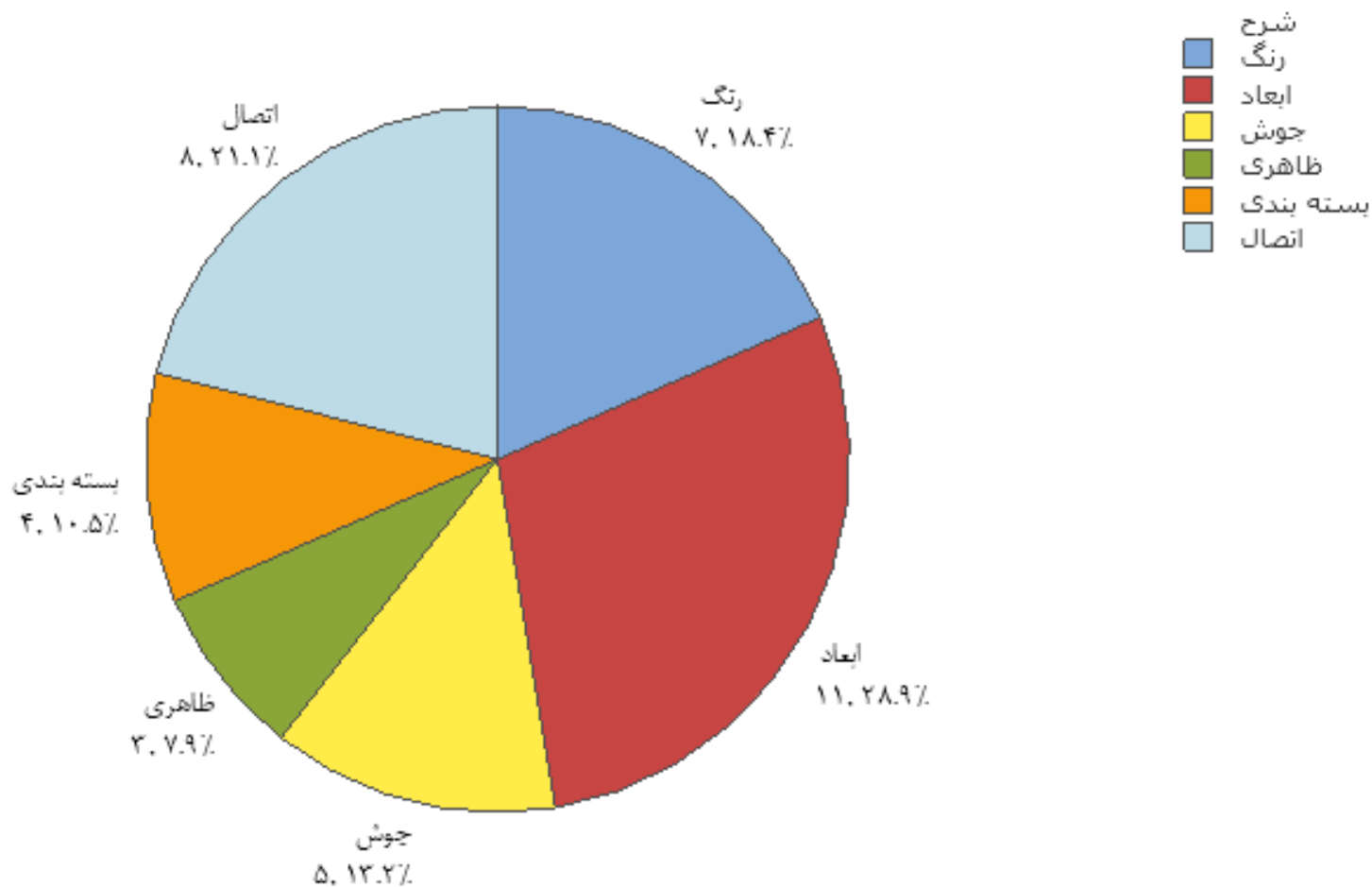
۲- از فهرست اصلی، گزینه **Graph** و سپس **Pie Chart...** را انتخاب کنید.

۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، گزینه **Chart values from a table** را انتخاب کنید. سپس در قسمت **Categorical variable:** ستون C1 را انتخاب یا وارد کنید و همچنین در قسمت **Summary variables:** ستون C2 را انتخاب یا وارد کنید.

۴- در همین صفحه، کلید **Labels...** را انتخاب کنید. در صفحه جدیدی که ظاهر می‌شود، گزینه **Slice Labels** را انتخاب کنید. اکنون هر کدام از مشخصات نام، تعداد، درصد را که می‌خواهید روی نمودار نشان داده شود، فعال کنید. کلید **OK** را بزنید تا به صفحه قبلی برگردید.

۵- حال کلید **OK** را بزنید تا نتیجه کار را ملاحظه کنید.

نمودار دایره ای نقص های محصول



دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



نمودار فراوانی یا هیستوگرام (Histogram)

کاربرد: نشان دادن فراوانی مقادیر

دسته بندی شده حاصل از مشخصه های

قابل اندازه گیری مربوط به فرایند یا محصول



مثال از هیستوگرام

در یک فرایند تولید، محصولی تولید می شود که وزن آن، مشخصه کیفی مهمی به شمار می آید. در طول یک هفته کاری (۵ روز) ۲۰ واحد از این محصول، به طور تصادفی، انتخاب و وزن آنها اندازه گیری و در جدول صفحه بعد، ثبت شده است. می خواهیم هیستوگرام این داده ها را رسم و تحلیل کنیم.



داده‌های مربوط به وزن محصول



157	159	159	167	155	169	163	153	161	160	169	157	160	161	154	165	163	160	154	161
157	169	162	153	165	160	161	155	164	158	167	155	167	159	168	157	164	163	155	162
155	170	166	159	165	155	166	160	158	163	160	157	166	161	154	166	163	158	166	155
159	167	163	153	167	160	162	155	165	161	160	164	161	156	162	163	150	163	157	162
155	160	162	167	157	160	160	151	157	162	153	164	158	152	165	160	158	160	153	161

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
 شماره های تماس : ۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ - ۰۱۱ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



حل:

- (۱) محاسبه دامنه
- (۲) محاسبه تعداد دسته‌ها (طبقه‌ها)
- (۳) محاسبه فاصله دسته‌ها
- (۴) تعیین حدود دسته‌ها
- (۵) تعیین فراوانی دسته‌ها
- (۶) ترسیم و تحلیل هیستوگرام



۱- محاسبه دامنه:

دامنه یا به عبارتِ کامل تر، دامنهٔ تغییرات (Range) عبارت است از اختلافِ بین بزرگ‌ترین عدد و کوچک‌ترین عدد در بین کُل داده‌های ثبت‌شده. دامنه، طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R = MAX - min$$

بنابراین، در این مثال:

$$R = 170 - 150 = 20$$

منظور از تعداد دسته‌ها یا تعداد طبقات، تعداد زیرگروه‌هایی است که کل داده‌های جمع‌آوری شده، در آن‌ها دسته‌بندی می‌شوند. تعداد دسته‌ها روی شکل هیستوگرام، به صورت تعداد مستطیل‌هایی که در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و هیستوگرام را شکل می‌دهند، دیده خواهند شد.

تعداد دسته‌ها، طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$m = \sqrt{n}$$

که در آن، n برابر است با تعداد کل داده‌های ثبت شده.
بنابراین، در این مثال:

$$m = \sqrt{100} = 10$$

۳- محاسبه فاصله دسته‌ها:



اداره کل اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

شرکت سهامی خدمات اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

منظور از فاصله دسته‌ها، محدوده دسته‌ها یا به عبارت دیگر، اختلاف بین حد بالا و حد پایین دسته‌هاست که برای همه دسته‌ها برابر و یکسان است. فاصله دسته‌ها روی شکل هیستوگرام، به صورت عرض مستطیل‌هایی که هیستوگرام را تشکیل می‌دهند، دیده خواهد شد.

فاصله دسته‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d = \frac{R}{m}$$

بنابراین، در این مثال:

$$d = \frac{20}{10} = 2$$



۴- تعیین حدود دسته‌ها:



منظور از حدود دسته‌ها، حد پایینی و حد بالایی هر یک از دسته‌هاست. برای تعیین حدود دسته‌ها از کوچک‌ترین عدد شروع کنید و به اندازه فاصله دسته‌ها اضافه کنید و آن قدر پیش بروید تا بزرگ‌ترین عدد، در آخرین دسته قرار گیرد. توجه کنید که تعداد دسته‌ها باید با تعداد دسته‌هایی که در مرحله ۲ به دست آمده است، برابر شود.

بنابراین، در این مثال:

150-152

152-154

154-156

156-158

158-160

160-162

162-164

164-166

166-168

168-170



۵- تعیین فراوانی دسته‌ها:



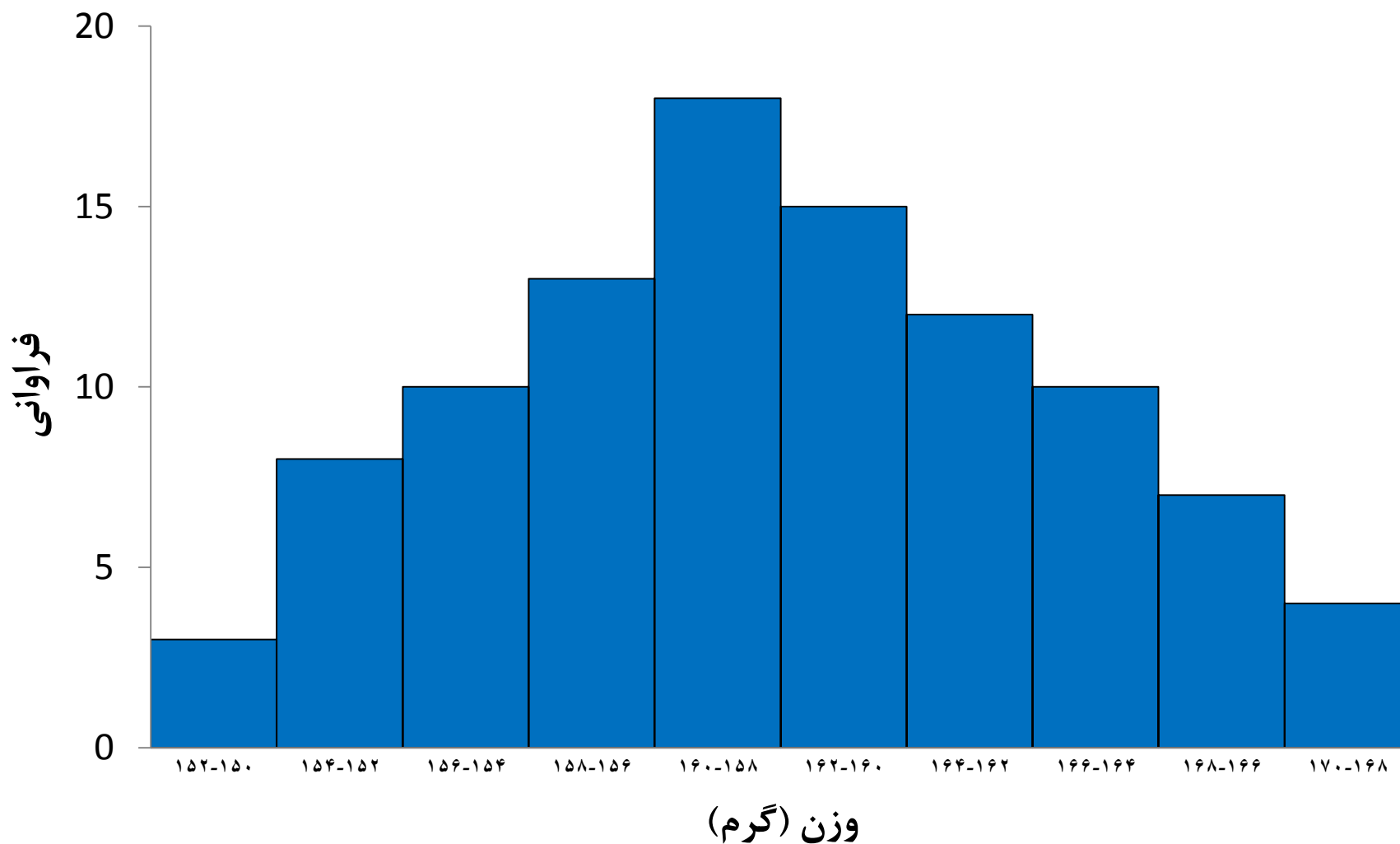
منظور از فراوانی دسته‌ها، تعداد اعدادی است که در هر دسته می‌گنجد. فراوانی دسته‌ها روی شکل هیستوگرام، به صورت ارتفاع مستطیل‌هایی که هیستوگرام را تشکیل می‌دهند، دیده می‌شود.

بنابراین، در این مثال:

دسته‌ها	تعداد
150-152	///
152-154	//// /
154-156	//// //
156-158	//// // /
158-160	//// // // /
160-162	//// // //
162-164	//// // //
164-166	//// //
166-168	//// //
168-170	///



۶- ترسیم و تحلیل هیستوگرام:



دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



ترسیم هیستوگرام در مینی تب

۱- داده‌های خود را در یکی از ستون‌های جدول (مانند C1) وارد کنید.

۲- از فهرست اصلی، گزینه **Graph** و سپس **Histogram...** را انتخاب کنید.

۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، کلید **OK** را بزنید. اگر می‌خواهید روی هیستوگرام، توزیع نرمال نیز رسم شود، گزینه **With Fit** را انتخاب کنید و سپس کلید **OK** را بزنید.

۴- در صفحه دیگری که باز می‌شود، در قسمت **Graph variables:** نام ستونی را که اعداد را در آن وارد کردید (مانند C1) انتخاب یا وارد کنید.

۵- حال کلید **OK** را بزنید تا نتیجه کار را ملاحظه کنید.

نکته: اگر می‌خواهید در شکل تغییراتی ایجاد کنید، ماوس را روی محور افقی آن (**X Scale**) قرار دهید و دکمه سمت راست ماوس را فشار دهید. حال، در فهرستی که ظاهر می‌شود، گزینه **Edit X Scale...** را انتخاب کنید. در صفحه جدیدی که پدیدار می‌شود، روی گزینه **Binning** بروید. در این صفحه می‌توانید تغییرات خود را اعمال کنید؛ مثلاً می‌توانید تعداد دسته‌ها یا طبقات را در قسمت **Number of intervals** تغییر دهید.



نمودار پارتو (Pareto Chart)

کاربرد: تعیین عوامل مهم و اساسی

از بین همه عوامل مؤثر در ایجاد

پدیده مورد نظر.



مثال از نمودار پارتو

در یک فرایند تولید، تعداد نقص‌هایی که در طول مدت زمان معینی در محصول، مشاهده شده، برحسب نوع نقص، در جدول زیر، ثبت شده است. می‌خواهیم نمودار پارتو این داده‌ها را رسم و تحلیل کنیم.

کد نقص	تعداد نقص‌ها
D1	14
D2	8
D3	19
D4	23
D5	5
D6	10
D7	16



حل:



۱- ابتدا همه مقادیر تعداد نقص ها را با هم جمع کنید.

۲- سپس ستون دیگری به نام درصد نقص، به جدول، اضافه کنید.

۳- مقادیر درصد نقص را برای هر نقص (هر ردیف)، از طریق تقسیم کردن تعداد نقص ها بر جمع کل و ضرب کردن در عدد ۱۰۰ به دست آورید و در ستون درصد نقص، وارد کنید.

کد نقص	تعداد نقص ها	درصد نقص
D1	14	15
D2	8	8
D3	19	20
D4	23	24
D5	5	5
D6	10	11
D7	16	17
جمع	95	≈100

۴- اکنون یک نمودار ستونی رسم کنید که محور افقی آن، کد نقص و محور عمودی آن، درصد نقص باشد و به صورت نزولی (از بیشترین به کمترین) از سمت چپ به راست، مرتب شود.



ترسیم نمودار پارتو در مینی تب

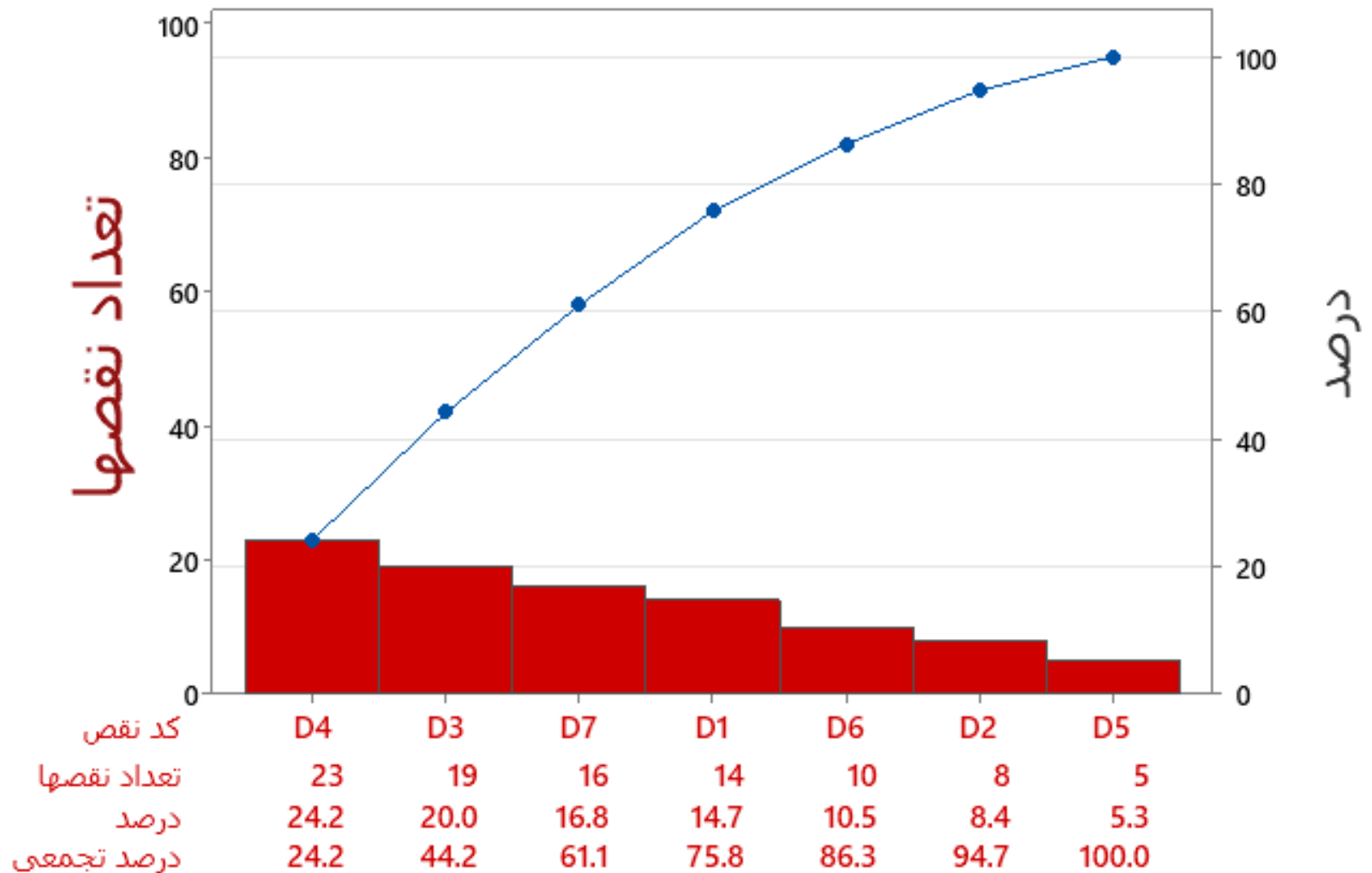
۱- داده‌های خود را در دو ستون جدول وارد کنید (مثلاً در ستون C1 نام یا کد و در ستون C2 مقادیری عددی).

۲- از فهرست اصلی، گزینه **Stat** و سپس **Quality Tools** و **Pareto chart...** را انتخاب کنید.

۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، در قسمت **Defects or attribute data in:** ستون C1 و در قسمت **Frequencies in:** ستون C2 را انتخاب یا وارد کنید.

۵- حال کلید **OK** را بزنید تا نتیجه کار را ملاحظه کنید.

نمودار پارتو



دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۱۱- ۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



نمودار کنترل

کاربرد: کنترل فرایند، درحین تولید،
از طریق بررسی روند تغییرات شاخص‌های
آماري مربوط به مشخصه‌های اندازه‌گیری.



مثال از نمودار کنترل

در یک فرایند تولید، در طول یک ماه، هر روز، روزی پنج قطعه تولیدی، انتخاب و طول آنها اندازه گیری و در جدول صفحه بعد، ثبت شده است. می خواهیم نمودار کنترل میانگین و دامنه را ترسیم و تحلیل کنیم.

جدول اندازه‌های مربوط به طول قطعات

اندازه‌ها					شماره نمونه
(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	
120.0	120.0	119.7	120.5	120.1	1
120.1	120.3	119.6	120.0	119.4	2
120.3	120.1	120.2	120.0	119.5	3
120.1	119.9	119.5	119.6	120.2	4
119.7	119.7	119.5	119.9	119.4	5
120.3	119.8	120.0	120.0	120.5	6
119.7	119.7	119.3	119.7	120.0	7
120.2	120.0	120.4	120.0	119.5	8
120.4	119.6	120.6	119.9	120.0	9
120.5	119.8	120.0	120.0	120.3	10
119.7	119.7	120.5	119.7	120.0	11
119.8	120.0	120.2	119.9	120.4	12
120.0	119.9	120.4	119.7	120.6	13
120.5	119.6	120.5	119.9	120.0	14
120.4	120.2	120.1	119.7	120.7	15
120.2	119.7	120.0	119.6	120.0	16
120.0	119.9	120.5	119.8	119.6	17
120.1	120.5	120.3	120.2	120.2	18
119.9	120.0	120.0	119.7	120.1	19
120.1	119.7	120.0	119.4	119.9	20
119.6	119.8	119.9	120.2	119.7	21
120.0	120.0	120.5	120.4	120.3	22
119.6	120.0	120.7	119.8	120.0	23
120.2	120.3	120.3	120.3	120.0	24
119.6	120.0	120.5	119.7	119.9	25



حل:

۱- محاسبه مقادیر میانگین و دامنه مربوط به هر نمونه (زیرگروه)

۲- محاسبه میانگین میانگین‌ها و میانگین دامنه‌ها

۳- محاسبه حدود کنترل

۴- ترسیم و تحلیل نمودارها



۱- محاسبه مقادیر میانگین و دامنه مربوط به هر نمونه (زیر گروه)

شماره نمونه	میانگین ($\bar{x}$)	دامنه (R)
1	120.06	0.8
2	119.88	0.9
3	120.02	0.8
4	119.86	0.7
5	119.64	0.5
6	120.12	0.7
7	119.68	0.7
8	120.02	0.9
9	120.10	1.0
10	120.12	0.7
11	119.92	0.8
12	120.06	0.6
13	120.12	0.9
14	120.10	0.9
15	120.22	1.0
16	119.90	0.6
17	119.96	0.9
18	120.26	0.4
19	119.94	0.4
20	119.82	0.7
21	119.84	0.6
22	120.24	0.5
23	120.02	1.1
24	120.22	0.3
25	119.94	0.9



۲- محاسبه میانگین میانگین‌ها و میانگین دامنه‌ها

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$



۳- محاسبه حدود کنترل

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + (A_2 \cdot \bar{R})$$

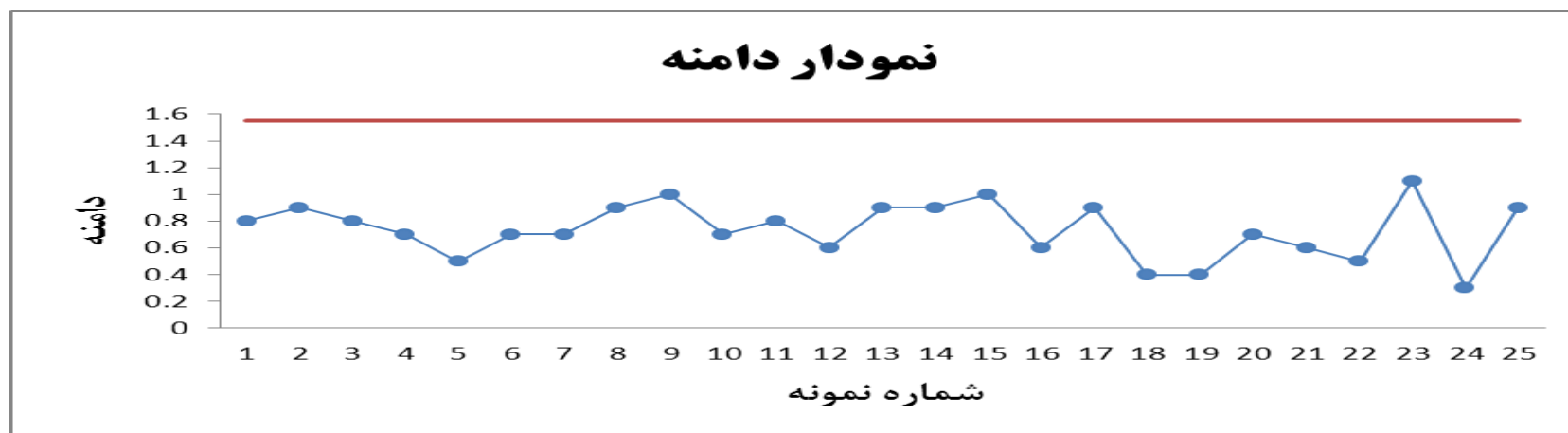
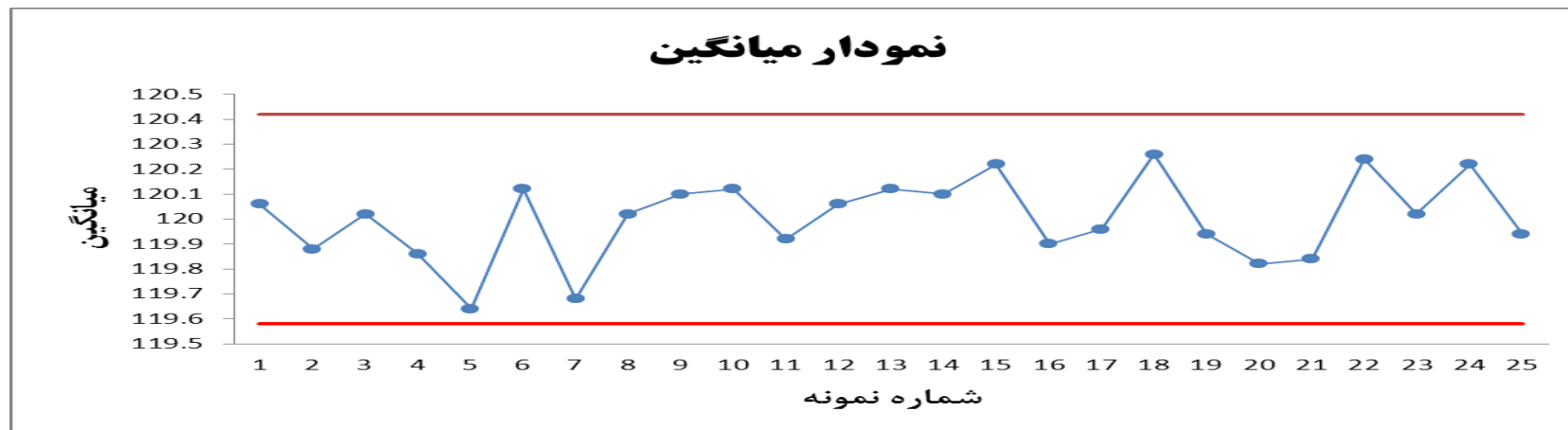
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - (A_2 \cdot \bar{R})$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$$

توضیح: A_2 و D_3 و D_4 ضرایبی هستند که به ازای حجم نمونه (n) از جدول ضرایب نمودارهای کنترل (پیوست ۱) استخراج می‌شوند.

۴- ترسیم و تحلیل نمودارها





ترسیم نمودار میانگین و دامنه در مینی تب

۱- داده‌های خود را، به ترتیب زمانی، در یکی از ستون‌های جدول برنامه، وارد کنید (مانند ستون C1).

۲- از فهرست اصلی، گزینه Stat و سپس گزینه‌های زیر را انتخاب کنید:

Control Charts → Variables Charts for Subgroups → Xbar-R...

۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، گزینه

All Observations for a chart are in one column: را انتخاب و در قسمت پایین

آن، نام ستونی را که داده‌های خود را در آن، ثبت کرده‌اید، انتخاب یا وارد کنید.

۴- در قسمت **Subgroup sizes** حجم زیرگروه (n) را وارد کنید.

۵- حال کلید **OK** را بزنید تا نتیجه کار را ملاحظه کنید.



محاسبه درصد اقلام نامنطبق، با استفاده از توزیع نرمال

مثال:

حجم نوعی محلول شیمیایی، در یک کارخانه تولید مواد شیمیایی، از توزیع نرمال، پیروی می کند. فرض کنیم میانگین این مقادیر، برابر با ۲۶۵ میلی لیتر و انحراف معیار آن ها برابر با ۷ میلی لیتر باشد. چنانچه محدوده پذیرشی این مشخصه، برابر با 270 ± 10 میلی لیتر باشد، درصد اقلام خارج از رواداری چقدر است؟

حل:

$$\mu = 265$$

$$\sigma = 7$$

$$\mu + 3\sigma = 265 + 21 = 286$$

$$\mu - 3\sigma = 265 - 21 = 244$$

$$Z_1 = (x_1 - \mu) / \sigma = (260 - 265) / 7 = -0.71$$

$$Z_2 = (x_2 - \mu) / \sigma = (280 - 265) / 7 = 2.14$$

طبق جدول توزیع نرمال:

$$P(X < 260) = 0.2389$$

$$P(X > 280) = 1 - 0.9838 = 0.0162$$

$$P(X < 260 \text{ OR } X > 280) = P(X < 260) + P(X > 280) = 0.2389 + 0.0162 = 0.2551 =$$

25.51%



محاسبه سطح زیر منحنی توزیع نرمال

به کمک نرم افزار Minitab

از فهرست اصلی، گزینۀ Calc و سپس Probability Distributions را انتخاب کنید.

اکنون در پنجره‌ای که ظاهر می‌شود، مقدار میانگینِ توزیع نرمال را در قسمت Mean و مقدار انحراف معیار را در قسمت Standard deviation و مقدارِ عددِ موردِ نظر را در قسمت Input constant وارد کنید. در این صورت، نتیجه محاسبه را در قسمت بالای صفحه، خواهید دید.



بر آورد μ و σ با استفاده از نمودارهای میانگین و دامنه

$$\mu = \bar{\bar{X}}$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

d_2 ضریبی است که به ازای حجم نمونه (n) از جدول ضرایب نمودارهای کنترل میانگین و دامنه، استخراج می شود.



قابلیت فرآیند (Process Capability)

میزان توانایی فرایند در برآورده کردن محدوده رواداری

$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma}$$



تحلیل قابلیت فرایند

$$C_p \geq 1$$

فرایند، قابلیت برآورده کردنِ محدوده رواداری را دارد.

$$C_p < 1$$

فرایند، قابلیت برآورده کردنِ محدوده رواداری را ندارد.



وضعیت قابلیت فرایند

نماد	وضعیت	قابلیت فرایند
	عالی	$C_p \geq 2$
	خوب	$1.66 \leq C_p < 2$
	مطلوب	$1.33 \leq C_p < 1.66$
	قابل قبول	$1 \leq C_p < 1.33$
	نامناسب	$C_p < 1$



تحلیل قابلیت فرایند در مینی تب

- ۱- داده‌های خود را، به ترتیب زمانی، در یکی از ستون‌های جدول برنامه، وارد کنید (مثلاً در ستون C1).
- ۲- مراحل زیر را از فهرست اصلی دنبال کنید:

Stat→Quality Tools→Capability Analysis→Normal...

۳- در صفحه جدیدی که باز می‌شود، در قسمت **Single column** نام ستونی را که داده‌های خود را در آن، ثبت کرده‌اید انتخاب یا وارد کنید (مثلاً C1). سپس در قسمت **Subgroup size** حجم نمونه (n) و در قسمت **Upper Spec** و **Lower Spec** به ترتیب، حد مشخصه پایینی و بالایی را وارد کنید. حال در همین صفحه، کلید **Estimate...** را فشار دهید. در صفحه دیگری که باز می‌شود، از قسمت بالا گزینه **Rbar** را انتخاب و **OK** کنید.

۴- اکنون پس از بازگشت به صفحه قبلی، کلید **Options...** را بزنید. در صفحه جدیدی که باز می‌شود، در قسمت **Perform analysis** —گزینه‌های **Within subgroup analysis** و **Overall analysis** را غیرفعال کنید و همچنین در قسمت **Display** گزینه **Percents** را فعال کنید. در این حالت **OK** کنید تا به صفحه قبلی برگردید.

۵- در این صفحه نیز **OK** کنید تا نتیجه کار را ملاحظه کنید.



رگرسیون:

❖ تعریف رگرسیون

❖ انواع رگرسیون

❖ کاربردهای رگرسیون در کنترل کیفیت

رگرسیون چیست؟

- رگرسیون (regression) تکنیکی است که برای تعیین رابطه بین دو یا چند متغیر به کار می‌رود.
- به کمک این تکنیک می‌توان مشخص کرد که چه عواملی در مقدار خروجی موردنظر، تأثیرگذار هستند تا با کنترل آن عوامل بتوان به مقدار مطلوب خروجی موردنظر دست یافت. مثلاً از تحلیل رگرسیون می‌توان برای تعیین رابطه بین طول عمر ابزار برشی با سرعت برش، یا رابطه بین عدد اکتان بنزین با درصد خلوص آن، یا رابطه بین ویسکوزیته نوعی محلول شیمیایی با دمای فرایند تولید آن، استفاده کرد. هدف، این است که برای رسیدن به مقدار مطلوب خروجی موردنظر، عامل(های) ورودی در چه مقداری باید تنظیم شوند.
- برای تحلیل رگرسیون باید داده‌هایی را از متغیرهای موردنظر داشته باشیم و آن‌ها را به نمودار، منتقل و سپس براساس روش‌ها و محاسبات آماری، رابطه بین متغیرها را برآورد کنیم.

انواع رگرسیون

- خطی و غیر خطی
- دومتغیره و چندمتغیره



رگرسیون خطی دو متغیره



در این نوع تحلیل رگرسیون، که ساده ترین نوع رگرسیون به شمار می آید، رابطه بین دو متغیر - که یکی متغیر مستقل و دیگری متغیر وابسته یا تابع نامیده می شود - به صورت خطی بررسی می شود؛ یعنی فرض می شود که رابطه خروجی، بر حسب ورودی، به صورت یک خط راست - یا نزدیک به آن - باشد.

رابطه ریاضی رگرسیون خطی دو متغیره، به صورت زیر است:

$$y = ax + b$$

که در آن، y متغیر وابسته یا تابع یا خروجی و x متغیر مستقل یا ورودی و a شیب خط و b عرض از مبدأ نامیده می شود.

مثال از رگرسیون خطی دومتغیره

مقادیر عدد اُکتان بنزین، به ازای درصد خلوص آن، در جدول صفحه بعد، ثبت شده است. می خواهیم رابطه بین این دو متغیر را تعیین کنیم.

اگر قرار باشد به عدد اُکتان ۸۰ برسیم، درصد خلوص بنزین باید چقدر باشد؟



جدول مقادیر عدد اکتان بنزین به ازای درصد خلوص



ردیف	درصد خلوص x	عدد اکتان y
1	99.8	88.6
2	99.7	86.4
3	99.6	85.2
4	99.5	85
5	99.4	84.7
6	99.3	84.9
7	99.2	83.3
8	99.1	82.3
9	99.0	82
10	98.9	81.5
11	98.8	81.1

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰

حل:

$$a = \frac{\sum xy - \left(\frac{\sum x \sum y}{n} \right)}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - a \left(\frac{\sum x}{n} \right)$$

نکویی برازش:

$$R^2 = \frac{\left[\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} \right]^2}{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}$$

نکویی برازش، شاخصی است که نشان می‌دهد تا چه اندازه، بین نقاطِ رسم‌شده، ارتباط خطی وجود دارد. هرچه مقدار R^2 به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، ارتباط خطی قوی‌تر و بهتری برقرار است؛ یعنی نقاطِ رسم‌شده، به یک خط راست، نزدیک‌تر هستند. اگر R^2 دقیقاً برابر با ۱ باشد، همه نقاط، درست، روی یک خط راست قرار می‌گیرند و هرچه R^2 از عدد ۱ فاصله بگیرد (کمتر شود)، پراکندگی نقاط، نسبت به یک خط راست، بیشتر خواهد بود. R^2 باید حداقل برابر با 0.9 باشد.



ادامه حل:

$$y = 6.6818x - 579.41$$

$$R^2 = 0.93$$

چون مقدار R^2 از 0.9 بیشتر است، رابطه خطی فوق را می توان مناسب دانست.

$$y = 80$$

$$\Rightarrow 80 = 6.6818x - 579.41$$

$$\Rightarrow x = 98.7$$

یعنی اگر بخواهیم به عدد اُکتان ۸۰ برسیم، باید درصد خلوص، برابر با 98.7 باشد.

رگرسیون دومتغیره خطی در مینی تب

۱- ابتدا داده‌های خود را در دو ستون خالی جدول وارد کنید (مثلاً مقادیر X در ستون $C1$ و مقادیر y در ستون $C2$).

۲- از فهرست اصلی برنامه، مراحل زیر را دنبال کنید:

Stat → Regression → Fitted Line Plot...

۳- در پنجره جدیدی که باز می‌شود، در قسمت **Response (Y)** نام ستونی را که مقادیر خروجی (y) را در آن وارد کردید و در قسمت **Predictor (X)** نام ستونی را که مقادیر ورودی (x) را در آن وارد کردید، انتخاب کنید.

۴- کلید **OK** را فشار دهید تا نتیجه را ملاحظه کنید.

رگرسیون خطی چندمتغیره

در این نوع تحلیل رگرسیون، رابطه بین یک متغیر - که متغیر وابسته یا تابع نامیده می شود - به صورت خطی، با دو یا چند متغیر دیگر - که متغیرهای مستقل نامیده می شوند - بررسی می شود. در این حالت نیز فرض می شود که رابطه خروجی، بر حسب ورودی ها، به صورت یک خط راست - یا نزدیک به آن - باشد.

رابطه ریاضی رگرسیون خطی چندمتغیره، به صورت زیر است:

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b$$

که در آن، y متغیر وابسته یا تابع یا خروجی و x_1 و x_2 و ... و x_n متغیرهای مستقل یا مقادیر ورودی هستند.

مثال از رگرسیون خطی چندمتغیره

شاخص کیفیت محصولی، به دو عامل، بستگی دارد. به ازای مقادیر مختلف این دو متغیر (مستقل)، ۱۰ بار این ماده، تولید و شاخص کیفیت آن، اندازه گیری و نتایج حاصل، در جدول صفحه بعد، ثبت شده اند.

می خواهیم با استفاده از رابطه رگرسیون خطی، رابطه بین شاخص کیفیت این نوع محصول را با دو عامل تأثیرگذار، تعیین کنیم.



جدول مقادیر شاخص کیفیت محصول به ازای دو متغیر



ردیف	عامل اول x_1	عامل دوم x_2	شاخص کیفیت y
1	371.05	0.99	7.22
2	315.02	1.11	4.24
3	550.1	0.97	8.5
4	400	1.02	9.32
5	336	0.96	5.87
6	361.1	0.95	7.12
7	499.24	1.01	8.04
8	403.58	1	6.62
9	482.33	1.04	10.06
10	451.65	0.98	8.96
11	371.05	0.99	7.22

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۴۱۴۳۰۴۴۲ و ۰۴۱۳۱۰۴۴۲ - ۱۱ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



رگرسیون چندمتغیره خطی در مینی تب

۱- ابتدا داده‌های خود را در چند ستون خالی جدول وارد کنید.

۲- از فهرست اصلی برنامه، مراحل زیر را دنبال کنید:

Stat → Regression → Regression → Fit Regression Model...

۳- در پنجره جدیدی که باز می‌شود، در قسمت **Responses:** نام ستونی را که مقادیر خروجی در آن قرار دارند، وارد یا انتخاب کنید و در قسمت **Continuous predictors:** نیز نام ستون‌هایی را که مقادیر ورودی در آن ثبت شده‌اند، وارد یا انتخاب کنید.

۴- کلید **OK** را فشار دهید تا نتایج را ملاحظه کنید.



حل (به کمک نرم افزار):



$$y = 0.016x_1 - 4.7x_2 + 5.8$$

$$R^2 = 0.54$$

چون مقدار R^2 کمتر از 0.9 است، رابطه خطی برقرار نیست و برای تعیین رابطه میان متغیرها شاید بهتر باشد از تحلیل «رگرسیون غیرخطی» استفاده کرد.

آزمون E

کاربرد:

مقایسه **دقت** نتایج آزمون های انجام شده
دو آزمونگر یا دو روش یا دو آزمایشگاه یا
دو سیستم اندازه گیری مختلف.



مراحل اجرایی آزمون F



- ۱- انجام آزمون‌ها به تعداد کافی توسط دو گروه مختلف
- ۲- محاسبه انحراف معیار یا وردایی (مجذور انحراف معیار) هریک از مجموعه اندازه‌ها
- ۳- محاسبه نسبت F از طریق تقسیم کردن وردایی بزرگ‌تر، به وردایی کوچک‌تر
- ۴- مقایسه نسبت F با معیار یا مقدار بحرانی F (که از جدول استخراج می‌شود) و نتیجه‌گیری نهایی

۱- انجام آزمون‌ها به تعداد کافی توسط دو سیستم مختلف

آزمون مورد نظر را با دو کارور یا دو روش یا دو آزمایشگاه مختلف انجام دهید.
تعداد دفعات انجام آزمون برای هر سیستم باید حداقل دو باشد.

۲- محاسبه انحراف معیار هر یک از مجموعه اندازه‌ها

انحراف معیارِ داده‌های حاصل از
هریک از دو گروه اندازه‌گیری را
محاسبه کنید.

۳- محاسبه شاخص F

نسبت F را طبق رابطه زیر به دست آورید:

$$F = \frac{S_L^2}{S_S^2}$$

که در آن، S_L^2 وردایی (واریانس) داده‌های حاصل از یکی از سیستم‌ها (هرکدام که بیشتر است) و S_S^2 وردایی (واریانس) حاصل از نتایج سیستم دیگر است (هرکدام که کمتر است).



۴- مقایسه شاخص F با معیار F و نتیجه گیری نهایی

اکنون نسبت محاسبه شده F را با معیار F که از جدول F استخراج می شود، مقایسه کنید.

در این جدول، منظور از $df1$ درجه آزادی وردایی بزرگ تر (صورت کسر) است که برابر است با تعداد داده های مربوط به صورت کسر منهای یک و منظور از $df2$ درجه آزادی وردایی کوچک تر (مخرج کسر) است که برابر است با تعداد داده های مربوط به مخرج کسر منهای یک.

چنانچه مقدار F محاسبه شده کمتر از (یا برابر با) مقدار F استخراج شده از جدول باشد، نشان دهنده آن است که اختلاف معنی داری بین (دقت) نتایج دو سیستم آزمون (دو کارور یا دو وسیله اندازه گیری یا دو روش یا دو آزمایشگاه) مختلف وجود ندارد و در غیر این صورت، معلوم می شود که تجهیزات یا روش ها یا مهارت کاروران، یا به طور کلی، شرایط دو سیستم آزمون مختلف با یکدیگر تفاوت دارند.



جدول F



df1 \ df2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.4476	199.5000	215.7073	224.5832	230.1619	233.9860	236.7684	238.8827	240.5433	241.8817
2	18.5128	19.0000	19.1643	19.2468	19.2964	19.3295	19.3532	19.3710	19.3848	19.3959
3	10.1280	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988	5.9644
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.0990	4.0600
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767	3.6365
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
 شماره های تماس : ۰۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۰۴۴۲۰۴۱۴۳ - ۱۱ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



مثال از آزمون F

دو آزمونگر، دمای یک محفظه را با یک دماسنج دیجیتالی، هریک، چهار بار اندازه‌گیری و نتایج به دست آمده را در جدول زیر، ثبت کرده‌اند. با استفاده از آزمون F معلوم کنید که آیا اختلاف معنی‌داری بین (دقت) نتایج دو گروه از آزمون‌ها وجود دارد یا خیر.

آزمونگر الف	آزمونگر ب
25.743	24.942
25.748	24.938
25.756	24.932
25.741	24.929



حل:



$$S_A = 0.0067$$

$$S_B = 0.0059$$

$$F = (0.0067)^2 / (0.0059)^2 = 1.2896$$

از آنجا که تعداد دفعات اندازه‌گیری هر دو نفر برابر با ۴ است، تعداد درجات آزادی برای صورت و مخرج کسر برابر با ۳ خواهد بود. بنابراین، مقدار F به‌ازای درجه آزادی ۳ برای صورت و مخرج کسر برابر با **9.2766** استخراج می‌شود. ملاحظه می‌شود که مقدار F محاسبه‌شده (**1.2896**) کمتر از مقدار استخراج‌شده از جدول (**9.2766**) است. پس می‌توان نتیجه گرفت که **اختلاف عمده‌ای بین [دقت] نتایج حاصل از دو کارور وجود ندارد.**



آزمون F در مینی تب:



- ۱- داده‌های خود را در دو ستون جدول وارد کنید (مانند ستون‌های C1 و C2).
- ۲- از فهرست اصلی، مراحل زیر را دنبال کنید:

Stat → Basic Statistics → 2 Variances...

- ۳- در پنجره جدیدی که باز می‌شود، گزینه **Each sample is in its own column** را انتخاب کنید. سپس در قسمت **Sample 1:** ستون C1 را انتخاب یا وارد کنید و در قسمت **Sample 2:** ستون C2 را انتخاب یا وارد کنید.

- ۴- در همین پنجره، گزینه **Options...** را انتخاب کنید. در پنجره دیگری که ظاهر می‌شود، در قسمت **Ratio:** گزینه **(sample 1 variance) / (sample 2 variance)** را انتخاب و گزینه **Use test and confidence intervals based on normal distribution** را فعال کنید.

- ۵- کلید **OK** را بزنید تا به پنجره قبلی برگردید. در این پنجره نیز کلید **OK** را بزنید تا نتیجه را مشاهده کنید.



آزمون t

کاربرد:

بررسی **صحت** نتایج آزمون حاصل از دو
سیستم آزمون، یعنی دو کارور یا دو روش یا
دو وسیله اندازه گیری یا دو آزمایشگاه
مختلف



مراحل اجرایی آزمون t

۱- انجام آزمون‌ها توسط دو سیستم اندازه‌گیری مختلف

۲- محاسبه اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده حاصل از دو سیستم

۳- محاسبه میانگین و انحراف معیار مقادیر اختلاف‌ها

۴- محاسبه شاخص t

۵- مقایسه بین شاخص t محاسبه شده با معیار t (که از جدول استخراج می‌شود) و نتیجه‌گیری نهایی



۱- انجام آزمون‌ها توسط دو سیستم اندازه‌گیری مختلف



آزمون موردنظر را با دو
سیستم اندازه‌گیری مختلف،
انجام دهید و نتایج را در
جدولی ثبت کنید.



۲- محاسبه اختلاف مقادیر اندازه گیری شده دو گروه



اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده
حاصل از دو گروه اندازه گیری را
به دست آورید.



۳- محاسبه میانگین و انحراف معیار مقادیر اختلافها



میانگین و انحراف معیار مقادیر اختلافها را طبق روابط
زیر محاسبه کنید:

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (\bar{d} - d)^2}{n - 1}}$$



۴- محاسبه شاخص t

مقدار (شاخص) t را طبق رابطه زیر به دست آورید:

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$



۵- مقایسه شاخص t با معیار t و نتیجه گیری نهایی



اکنون مقدار t به دست آمده را با مقداری که از جدول زیر استخراج می شود، مقایسه کنید. در صورتی که مقدار t محاسبه شده از مقدار t داده شده در جدول، نابیشتر باشد، اختلافی بین (صحت) دو گروه، وجود ندارد.

احتمال	درجه آزادی
6.313752	1
2.919986	2
2.353363	3
2.131847	4
2.015048	5
1.943180	6
1.894579	7
1.859548	8
1.833113	9
1.812461	10

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲
شماره های تماس : ۰۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ - ۱۱ - همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



مثال از آزمون t



آزمونی را با دو روش مختلف، اندازه‌گیری و نتایج را در جدول زیر ثبت کرده‌اند. با استفاده از آزمون t می‌خواهیم تعیین کنیم که آیا اختلافی بین (صحت) نتایج دو روش به کاررفته وجود دارد یا خیر.

ردیف	نتیجه اندازه‌گیری با روش ۱ X_1	نتیجه اندازه‌گیری با روش ۲ X_2	$X_1 - X_2$ (d)
۱	19.98	19.96	0.02
۲	20.01	19.98	0.03
۳	20.00	20.01	-0.01



حل:



$$\bar{d} = \frac{0.02 + 0.03 - 0.01}{3} = 0.0133$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum(\bar{d} - d)^2}{n - 1}} = 0.0208$$

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}} = \frac{0.0133}{\frac{0.0208}{\sqrt{3}}} = 1.1083$$

چون مقدار t محاسبه شده از مقدار t حاصل از جدول، به آزادی درجه آزادی ۲ (۳ منهای ۱) یعنی عدد **2.919986** کمتر است، بنابراین،
[صحت] نتایج حاصل از هر دو روش، یکسان است.



آزمون t در مینی تب:



۱- داده‌های خود را در دو ستون جدول وارد کنید (مانند ستون‌های C1 و C2).

۲- از فهرست اصلی، مراحل زیر را دنبال کنید:

Stat→Basic Statistics→Paired t...

۳- در پنجره جدیدی که باز می‌شود، گزینه **Each sample is in a column** را انتخاب کنید.

سپس در قسمت **Sample 1** ستون C1 را انتخاب یا وارد کنید.

و در قسمت **Sample 2** ستون C2 را انتخاب یا وارد کنید.

۴- کلید **OK** را بزنید تا نتیجه را ملاحظه کنید.



روش تحلیل وردایی (ANOVA)

کاربرد:

مقایسه و ارزیابی عملکرد نتایج آزمونِ دو یا چند
کارور یا روش آزمون یا وسیله اندازه‌گیری یا
آزمایشگاه مختلف



مراحل اجرایی ANOVA

۱- انجام آزمون‌های مورد نظر

۲- انجام محاسبات لازم

۳- محاسبه شاخص نسبت وردایی و نتیجه‌گیری نهایی



۱- انجام آزمون‌های مورد نظر

آزمون مورد نظر را با دو یا چند روش آزمون
مختلف یا با دو یا چند وسیله اندازه‌گیری
مختلف انجام دهید. نتایج آزمون را در یک
جدول یا ماتریس وارد کنید.

۲- انجام محاسبات لازم

برای هریک از ستون‌های جدول یا ماتریسِ نتایجِ آزمون، مقادیر n (تعداد دفعات آزمون) و $\sum x$ (جمع مقادیر اندازه‌گیری شده) و $\sum x^2$ (جمع مربعات مقادیر) و $(\sum x)^2/n$ (نسبت مجذور جمع مقادیر به تعداد دفعات آزمون) را محاسبه و در زیر هر ستون یادداشت کنید.

سپس مقادیر انحرافِ میان‌گروهی و انحرافِ درون‌گروهی را طبق روابط زیر به دست آورید:

$$SS_B = \sum \frac{(\sum x)^2}{n} - \frac{(\sum \sum x)^2}{\sum n}$$

$$SS_W = \sum \sum x^2 - \sum \frac{(\sum x)^2}{n}$$



۳- محاسبه شاخص نسبت وردایی و نتیجه گیری نهایی

نسبت وردایی را طبق رابطه زیر به دست آورید:

$$VR = \frac{\frac{SS_B}{df1}}{\frac{SS_W}{df2}}$$

که در آن، $df1$ (درجه آزادی صورت کسر) برابر است با تعداد ستون‌های جدول منهای ۱ و $df2$ (درجه آزادی مخرج کسر) برابر است با جمع کل دفعات آزمون‌ها منهای تعداد ستون‌ها.

اکنون نسبت وردایی محاسبه شده را با معیار F که از جدول F استخراج می‌شود، مقایسه کنید. اگر عدد محاسبه شده، نابیشتر از مقدار بحرانی (عدد جدول) باشد، اختلافی بین میانگین‌ها وجود ندارد.



مثال از روش ANOVA



در یک آزمایشگاه، آزمونی را با سه روش مختلف انجام داده و نتایج را در جدول زیر ثبت کرده‌اند. با استفاده از روش آنالیز واریانس مشخص کنید که آیا اختلافی بین روش‌های آزمون وجود دارد.

روش	ردیف	A	B	C
1		۷	۶	۸
2		۸	۷	۸
3		۷	۸	۸
4		۹	۹	۱۰

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۱۱- ۴۴۲۰۴۶۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



حل:



Σ	C	B	A	
	8	6	7	۱
	8	7	8	۲
	8	8	7	۳
	10	9	9	۴
12	4	4	4	n
95	34	30	31	Σx
765	292	230	243	Σx^2
754.25	289	225	240.25	$(\Sigma x)^2/n$

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۱۱- ۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰



حل – ادامه:



$$SS_B = 754.25 - \frac{(95)^2}{12} = 2.167$$

$$SS_W = 765 - 754.25 = 10.75$$

$$VR = \frac{\frac{2.167}{3-1}}{\frac{10.75}{12-3}} = 0.907$$

طبق جدول داریم:

$$F(2, 9) = 4.2565$$

از آنجاکه VR محاسبه شده کمتر از F استخراج شده از جدول است، نتیجه می گیریم که

اختلافی بین میانگین نتایج روش های مختلف وجود ندارد.



تحلیل وردایی در مینی تب:



۱- داده‌های خود را در دو یا چند ستون جدول وارد کنید (مانند ستون‌های C1 و C2 و C3 و ...)

۲- از فهرست اصلی، مراحل زیر را دنبال کنید:

Stat → ANOVA → One-Way...

۳- در پنجره جدیدی که باز می‌شود، گزینه

Response data are in a separate column for each factor level

را انتخاب کنید. سپس در قسمت **Responses** نام ستون‌هایی را که داده‌ها را در آن‌ها وارد کرده‌اید، انتخاب یا وارد کنید.

۴- کلید **OK** را بزنید. در پنجره بالایی، شاخص **VR** محاسبه‌شده را در زیر

عنوان F-Value ملاحظه خواهید کرد.



پیوست‌ها:

✓ جدول ضرایب نمودارهای کنترل میانگین و دامنه

✓ جدول توزیع نرمال



جدول ضرایب نمودارهای کنترل میانگین و دامنه



حجم نمونه (n)	A_2	D_4	D_3	d_2
2	1.880	3.268	0	1.128
3	1.023	2.574	0	1.693
4	0.729	2.282	0	2.059
5	0.577	2.114	0	2.326
6	0.483	2.004	0	2.534
7	0.419	1.924	0.076	2.704
8	0.373	1.864	0.136	2.847
9	0.337	1.816	0.184	2.970
10	0.308	1.777	0.223	3.078

دفتر مرکزی : آمل - شهرک صنعتی آمل - مرکز خدمات فناوری شهرک - طبقه سوم - واحد ۲

شماره های تماس : ۰۱۱-۴۴۲۰۴۱۳۱ و ۴۴۲۰۴۱۴۳ همراه : ۰۹۱۱۱۲۰۱۳۸۰

جدول توزیع نرمال (صفحه ۱ از ۲) – مقادیر Z منفی (-)

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.001
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.002	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.003	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.004	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.006	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.008	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.011
-2.1	0.0179	0.0174	0.017	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.015	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.025	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.063	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.102	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.123	0.121	0.119	0.117
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.166	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.209	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.242	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.305	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.281	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.33	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.352	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.409	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5	0.496	0.492	0.488	0.484	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

جدول توزیع نرمال (صفحه ۲ از ۲) – مقادیر Z مثبت (+)

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5	0.504	0.508	0.512	0.516	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.591	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.648	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.695	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.719	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.758	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.791	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.834	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.877	0.879	0.881	0.883
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.898	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.937	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.975	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.983	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.985	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.989
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.992	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.994	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.996	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.997	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.998	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.999



با تشکر و سپاس

موسسه مشاوران
توسعه کیفیت