

ابزارهای کنترل کیفیت

با استفاده از اکسل

تدوین و گردآوری:

ابوالفضل کاظمی

کیفیت^۱: فرآیندهای نظارت^۲ با استفاده از نمودارها

فرآیندها معمولاً با نمونه‌گیری در فواصلی منظم، نظارت می‌شوند. این مقادیر نمونه‌ها، معمولاً بر روی یک نمودار نشان داده می‌شوند که نمودار کنترل فرآیند^۳ نام دارند که معمولاً با میانگین و یا با انحراف معیار نشان داده می‌شوند. نمودارهای کنترل فرآیند برای این منظور طراحی شده‌اند که بتوانند در درازمدت تغییر میانگین (یا انحراف معیار) را تشخیص دهند تا شرکت‌ها بتوانند این تغییرات را مورد بررسی قرار دهند و در صورت نیاز اقدامات اصلاحی را انجام دهند.

عموماً شرکت‌ها از این قانون آماری که تا وقتی که نمونه‌ها بین سه انحراف معیار میانگین قرار داشته باشند، فرآیند را تحت کنترل فرض می‌کنند، استفاده می‌کنند که اغلب به آن قانون سه سیگما^۴ می‌گویند و این نامگذاری به علت حرف کوچک یونانی سیگما (σ) است که بیانگر انحراف معیار می‌باشد. با فرض اینکه داده‌ها دارای توزیع نرمال باشند، آنگاه احتمال خارج شدن از سه برابر انحراف استاندارد ($\pm 3\sigma$) در حالی که فرآیند واقعاً تحت کنترل باشد (یعنی بر مبنای نمونه گرفته شده، اشتباهاً فرض شود که فرآیند تحت کنترل نیست)، تنها 0.26% می‌باشد.

ما در این فصل نحوه کار کردن با نمودارهای میانگین^۵ و نمودارهای انحراف معیار^۶ را شرح می‌دهیم و همچنین داده‌های وصفی را با استفاده از نمودارهای کنترل مورد بررسی قرار خواهیم داد. هر کدام از این نمودارها به سادگی می‌توانند به وسیله اکسل ایجاد شوند. برای اطلاعات بیشتر در مورد نحوه ایجاد این نمودارها از طریق اکسل، قسمت ضمیمه الف را ببینید. همچنین به طور خلاصه، برگه‌های کنترل، تحلیل پارا تو و هیستوگرام را نیز بررسی خواهیم نمود.

۸.۱ فرآیندهای نظارت بوسیله نمودارها: نگاه کردن به داده‌ها

قبل از اینکه یک تحلیلی صورت گیرد، لازم است که به داده‌ها نگاهی بیندازید و بررسی کنید که آیا چیزهای غیرعادی مانند داده‌های پرت^۷ وجود دارد و سپس با کار کردن روی داده‌ها، آنها را قابل استفاده سازید.

شکل ۸.۱^۸، داده‌های مربوط به ۱۶ نمونه را نشان می‌دهد که هر کدام نیز چهار مشاهده دارند. سلول E15 شامل یک داده پرت است. داده پرت، عددی است که خارج از محدوده مقادیر مورد انتظار، قرار می‌گیرد. آیا قادر بودید که تنها با نگاه کردن به اعداد، این داده پرت

¹ Quality
² Monitoring Process
³ Process Control Chart
⁴ Three Sigma
⁵ Mean Chart
⁶ Standard Deviation Chart
⁷ Outliers

⁸ این داده‌ها را می‌توانید در کاربرگ Control Charts.XLS ببینید. تمام این کاربرگ‌ها را می‌توانید از سایت

www.abkazemi.blogfa.com دریافت کنید.

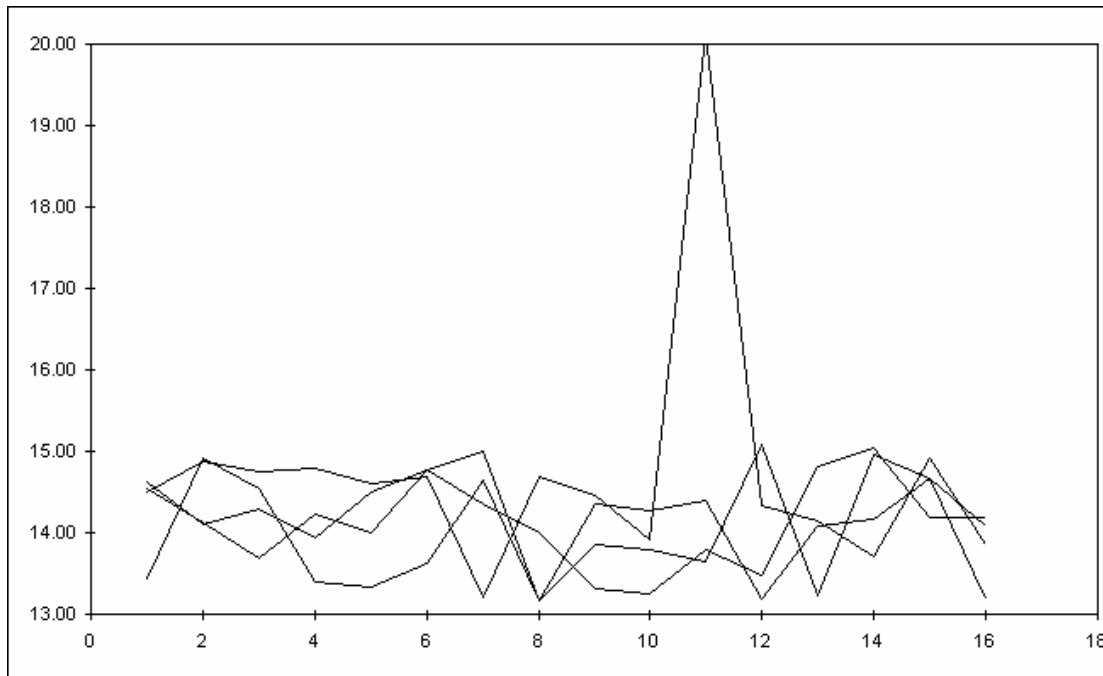
را تشخیص دهید؟ به احتمال زیاد، قادر به این کار نبودید، مگر اینکه نمودار را بسیار با دقت بررسی می‌کردید.

بررسی بصری نمودار در شکل ۸.۲، نشان می‌دهد که داده‌ها کاملاً به صورت "منظم"^۱ هستند، ولی در نمونه ۱۱، مشاهده سوم، به نظر می‌رسد که این مقدار خارج از الگوی مورد نظر باشد. ممکن است یک داده پرت باشد. بررسی مستندات اصلی، این مطلب را آشکار می‌سازد که مقدار 20.13 برای این داده، به صورت نادرست وارد شده است که مقدار واقعی آن به صورت 14.13 بوده است. وقتی که این داده تصحیح شود، به نظر می‌رسد که مجموعه داده‌ها، منظم‌تر شده‌اند. وقتی که این تحلیل ادامه پیدا کند، مقدار تصحیح شده، مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

	A	B	C	D	E	F
1	Sample Data					
2						
3	Observations					
4			1	2	3	4
5	Sixteen Data Sets	1	14.54	14.63	14.50	13.43
6		2	14.13	14.10	14.88	14.91
7		3	13.69	14.30	14.74	14.54
8		4	14.23	13.94	14.80	13.40
9		5	14.01	14.50	14.60	13.34
10		6	14.77	14.77	14.68	13.63
11		7	15.01	14.35	13.21	14.65
12		8	13.16	14.00	14.69	13.16
13		9	13.86	13.31	14.46	14.35
14		10	13.80	13.25	13.91	14.28
15		11	13.65	13.79	20.13	14.40
16		12	15.08	13.48	14.34	13.19
17		13	13.22	14.81	14.15	14.08
18		14	14.95	15.05	13.71	14.17
19		15	14.66	14.19	14.91	14.66
20		16	14.09	14.18	13.86	13.18

شکل ۸.۲ سلول E15 شامل یک داده پرت است. آیا پیدا کردن این عدد، در بین تمام اعداد، ساده است؟

¹ Regular



شکل ۲.۸ رسم نمودار داده‌های شکل ۲.۸، ۱، تشخیص هر داده‌پرتی را ساده‌تر می‌کند.

۲.۸ نمودارهای میانگین

شکل ۲.۸، ۳، مجموعه داده‌های تصحیح شده را به همراه محاسبات اضافی نشان می‌دهد. در ستون G، مقدار میانگین داده‌ها برای هر نمونه با استفاده از فرمول " $= AVERAGE(C5 : F5)$ " که در سلول G5 استفاده شده است، محاسبه می‌شود. میانگین تمام این میانگین‌ها، میانگین کل^۱ (بعضی اوقات میانگین بزرگ^۲ نامیده می‌شود) را با استفاده از فرمول " $= AVERAGE(G5 : G20)$ " در سلول D23 محاسبه می‌کنیم. این مقدار در ستون H به عنوان خط مرکزی^۳ نمودار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Overall Mean¹
Grand Mean²
Center Line³

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Sample Data											
2												
3	Observations											
4			1	2	3	4	Mean	Center	Standard Deviation	Lower Bound	Upper Bound	
5	Sixteen Data Sets	1	14.54	14.63	14.50	13.43	14.28	14.16	0.57	13.33	15.00	
6		2	14.13	14.10	14.88	14.91	14.51	14.16	0.45	13.33	15.00	
7		3	13.69	14.30	14.74	14.54	14.32	14.16	0.46	13.33	15.00	
8		4	14.23	13.94	14.80	13.40	14.09	14.16	0.58	13.33	15.00	
9		5	14.01	14.50	14.60	13.34	14.11	14.16	0.58	13.33	15.00	
10		6	14.77	14.77	14.68	13.63	14.46	14.16	0.56	13.33	15.00	
11		7	15.01	14.35	13.21	14.65	14.31	14.16	0.78	13.33	15.00	
12		8	13.16	14.00	14.69	13.16	13.75	14.16	0.74	13.33	15.00	
13		9	13.86	13.31	14.46	14.35	14.00	14.16	0.53	13.33	15.00	
14		10	13.80	13.25	13.91	14.28	13.81	14.16	0.43	13.33	15.00	
15		11	13.65	13.79	14.13	14.40	13.99	14.16	0.34	13.33	15.00	
16		12	15.08	13.48	14.34	13.19	14.02	14.16	0.86	13.33	15.00	
17		13	13.22	14.81	14.15	14.08	14.07	14.16	0.65	13.33	15.00	
18		14	14.95	15.05	13.71	14.17	14.47	14.16	0.64	13.33	15.00	
19		15	14.66	14.19	14.91	14.66	14.61	14.16	0.30	13.33	15.00	
20		16	14.09	14.18	13.86	13.18	13.83	14.16	0.45	13.33	15.00	
21												
22	Overall values											
23	Center line value			14.163	=AVERAGE(G5:G20)							
24	Standard deviation			0.556	=AVERAGE(I5:I20)							
25	Standard error			0.278	=D24/SQRT(4)							

شکل ۸.۲ داده‌ها از شکل ۸.۱ با داده‌پرت اصلاح شده و اطلاعات اضافی محاسبه شده

توجه کنید که حدود بالا و پایین افقی، خطوط کنترل هستند. برای بدست آوردن خطوط کنترل، می‌توان از *فاصله‌های اطمینان آماری*^۱ استفاده نمود. این فرمول به صورت زیر می‌باشد:

$$\bar{X} \pm z \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

که

\bar{X} = میانگین بزرگ (میانگین تمام میانگین‌های تک تک نمونه‌ها)

z = عددی است از توزیع نرمال که بستگی به سطح اطمینان^۲ مورد نظر دارد (عموماً ۳ است)

σ = انحراف معیار

n = اندازه نمونه (در مثال ما ۴)

برای استفاده از این فرمول، ما نیاز به خطای استاندارد^۳ داریم. ابتدا در ستون ۱، انحراف معیار را برای هر نمونه محاسبه می‌کنیم و سپس در سلول D24 انحراف معیار کل را با میانگین‌گیری از مقادیر تک تک انحراف معیارها، با استفاده از فرمول " $=AVERAGE(I5:I20)$ " بدست می‌آوریم. این عدد، بیانگر بخش σ فرمول است. خطای

¹ Statistical Confidence Intervals

² Level of Confidence

³ Standard Error

استاندارد $(\frac{s}{\sqrt{n}})$ را در سلول D25 با استفاده از فرمول " $=D24/SQRT(4)$ " محاسبه می‌کنیم.

حالا وقت آن است که حدود پایین و بالا را محاسبه نماییم. این محاسبات به صورت زیر نشان داده شده اند:

$$\bar{X} \pm z \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$14.163 \pm 3 \times \frac{0.556}{\sqrt{4}}$$

$$14.163 \pm 3 \times 0.278$$

$$14.163 \pm 0.834$$

$$13.33 \leq \text{میانگین جمعیت} \leq 15.00$$

حد پایین کنترل^۱ (LCL)، برابر 13.33 و حد بالایی کنترل^۲ (UCL)، برابر 15.00 می‌باشد. حد پایین در ستون L صفحه گسترده، با استفاده از فرمول " $=H5-(3*SD\$25)$ " که در سلول J5 مورد استفاده قرار گرفته است، محاسبه می‌شود. حد بالا در ستون K، با استفاده از فرمول " $=H5+(3*SD\$25)$ " که در سلول K5 مورد استفاده قرار گرفته است، محاسبه می‌شود. شکل ۸. ۴، نتایج نمودار کنترل میانگین را نشان می‌دهد.

این نمودار با استفاده از انحراف معیار نمونه^۳ (s)، برای تخمین انحراف معیار جمعیت (جامعه)^۴ (σ) ایجاد شده است. تحقیقات نشان می‌دهد که s برای σ یک برآورد نقصانی^۵ است. بنابراین یک فاکتور پنهان^۶ اضافی در محاسبات مربوط به حدود کنترل وارد می‌شود. این فاکتور پنهان (d₂) به وسیله معادله زیر بدست می‌آید:

$$d_2(n) = \int_{-\infty}^{+\infty} (1 - (1 - \Phi(x))^n) - (\Phi(x))^n dx$$

شکل ۸. ۵، جدولی را نشان می‌دهد. برای اینکه این معادله را حل نکنیم، می‌توانیم از این جدول استفاده کنیم.

شکل ۸. ۶ را دوباره در نظر بگیرید. جهت اصلاح^۷ آن، فرمول‌ها را در ستون‌های J و K تغییر می‌دهیم. فرمول‌ها در ستون L مشابه فرمول " $=H5-(3*SD\$25)/VLOOKUP(4;Table!\$A\$2:\$F\$25;2)$ " که در سلول J5 است، می‌باشند که " $Table!\$A\$2:\$F\25 " شامل محدوده جدول شکل ۸. ۵ می‌باشد. فرمول‌ها در ستون K مشابه فرمول " $=H5+(3*SD\$25)/VLOOKUP(4;Table!\$A\$2:\$F\$25;2)$ " که در سلول K5 است، می‌باشند. این اصلاحات، باعث فشردگی شدن حدود کنترل می‌شوند. نتایج نمودار مربوطه، در شکل ۸. ۶ نشان داده شده است.

¹ Lower Control Limit

² Upper Control Limit

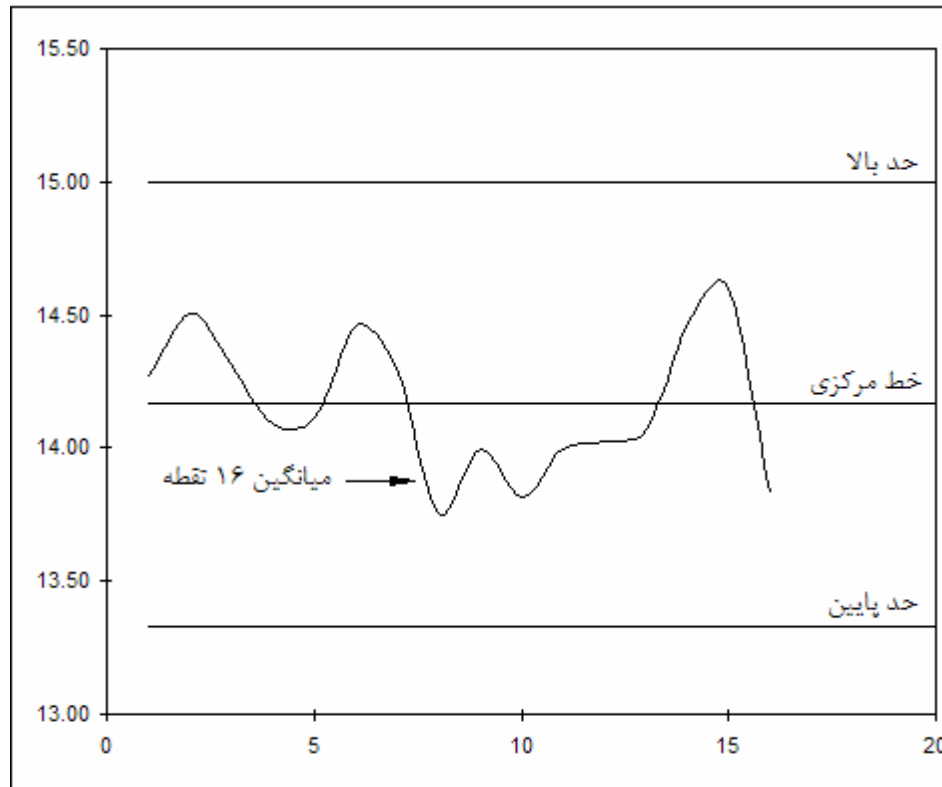
³ Sample Standard Deviation

⁴ Population Standard Deviation

⁵ Underestimate

⁶ Fudge Factor

⁷ Adjustment



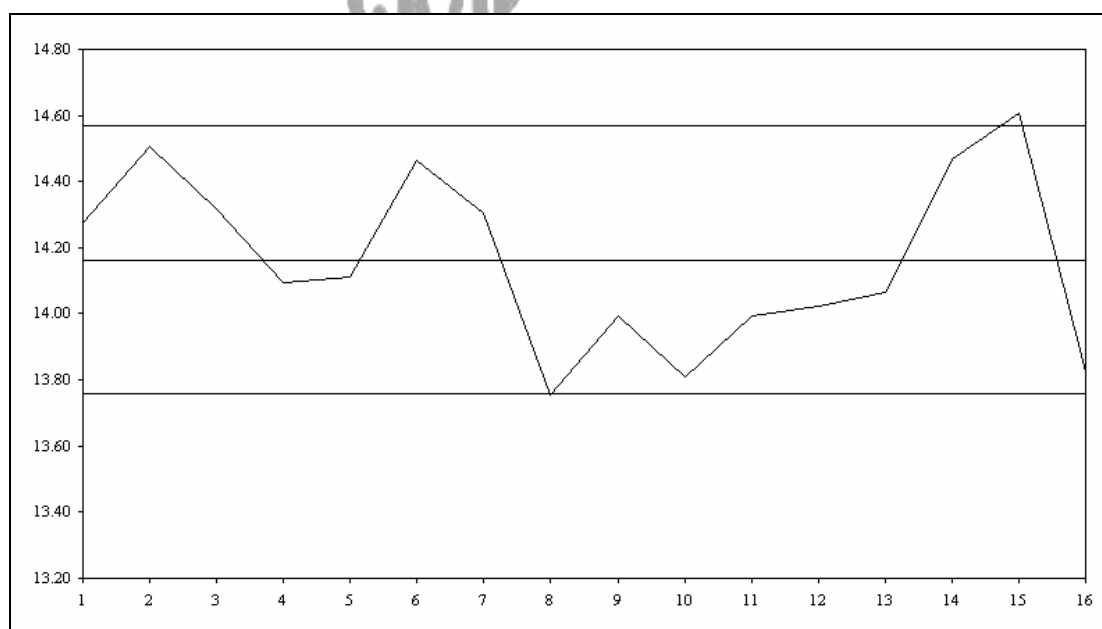
شکل ۸. نمودار کنترل میانگین برای داده‌های مربوط به شکل ۳.۸

www.abkaze.com

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Number of Observations in Sample	d_2	d_3	D_3	D_4	A_2	B_3	B_4
2	2	1.128	0.853	0.000	3.267	1.880	0.000	3.267
3	3	1.693	0.888	0.000	2.575	1.023	0.000	2.568
4	4	2.059	0.880	0.000	2.282	0.729	0.000	2.266
5	5	2.326	0.864	0.000	2.114	0.577	0.000	2.089
6	6	2.534	0.848	0.000	2.004	0.483	0.030	1.970
7	7	2.704	0.833	0.076	1.924	0.419	0.118	1.882
8	8	2.847	0.820	0.136	1.864	0.373	0.185	1.815
9	9	2.970	0.808	0.184	1.816	0.337	0.239	1.761
10	10	3.078	0.797	0.223	1.777	0.308	0.284	1.716
11	11	3.172	0.787	0.256	1.744	0.285	0.321	1.679
12	12	3.258	0.778	0.283	1.717	0.266	0.354	1.646
13	13	3.336	0.770	0.307	1.693	0.249	0.382	1.618
14	14	3.407	0.763	0.328	1.672	0.235	0.406	1.594
15	15	3.472	0.756	0.347	1.653	0.223	0.428	1.572
16	16	3.532	0.750	0.363	1.637	0.212	0.448	1.552
17	17	3.588	0.744	0.378	1.622	0.203	0.466	1.534
18	18	3.640	0.739	0.391	1.609	0.194	0.482	1.518
19	19	3.689	0.733	0.404	1.596	0.187	0.497	1.503
20	20	3.735	0.729	0.415	1.585	0.180	0.510	1.490
21	21	3.778	0.724	0.425	1.575	0.173	0.523	1.477
22	22	3.819	0.720	0.435	1.565	0.167	0.534	1.466
23	23	3.858	0.716	0.443	1.557	0.162	0.545	1.455
24	24	3.895	0.712	0.452	1.548	0.157	0.555	1.445
25	25	3.931	0.708	0.459	1.541	0.153	0.565	1.435
26								
27	Reprinted from ASTM-STP 15D by permission of the American Society for Testing and Materials.							

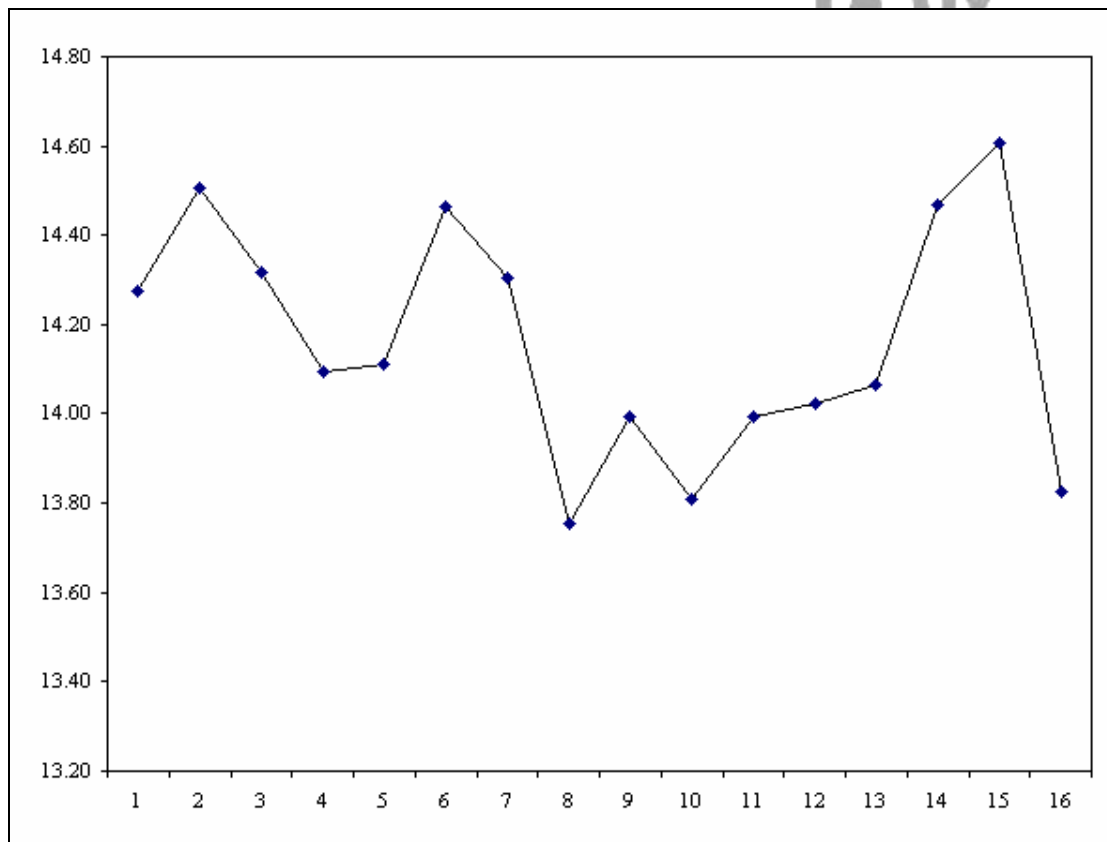
شکل ۸. ۵ فاکتورهای اصلاح در نمودارهای کنترل



شکل ۸. ۶ نمودار کنترل میانگین اصلاح شده

۸.۳ نمودار متحرک^۱

بعضی اوقات، مدیریت می‌خواهد که نتایج میانگین یک فرآیند را بدون ایجاد حدود بالا یا پایین کنترل، پیگیری نماید. این کار توسط یک نمودار متحرک انجام می‌گیرد. یک نمودار متحرک چیزی بیشتر از یک نمودار میانگین، بدون حدود بالا و پایین کنترل نمی‌باشد. معمولاً، خط مرکزی نشان داده نمی‌شود. شکل ۸.۷، یک نمونه از نمودار متحرک را نشان می‌دهد.



شکل ۸.۷ یک نمودار متحرک، یک نمودار میانگین بدون حدود کنترل یا خط مرکزی است

۸.۴ نمودار R (دامنه)^۲

فرض کنید که داده‌های شکل ۸.۳، وزن سیب زمینی سرخ کرده بر حسب اونس را در کیسه‌هایی با حجم بزرگ، نشان می‌دهد. به علت اینکه سیب زمینی‌ها در اندازه و شکل متفاوت هستند، این مسئله غیر عادی نیست که تغییرپذیری^۳ کمی در وزن واقعی هر کیسه وجود داشته باشد. بنابراین، اگر فقط روی میانگین وزن چهار کیسه در یک مقطع زمانی نظارت شود، نمی‌تواند برای مدیریت اطلاعات کافی در مورد اینکه، آیا فرآیند تحت کنترل باقی می‌ماند، ارائه دهد. اگر کیسه‌ای وزن بسیار زیادی داشته باشد و کیسه دیگر وزن بسیار کمی داشته باشد، فرآیند، میانگین صحیحی را ارائه می‌کند، در صورتی که فرآیند از لحاظ عملکردی ضعیف می‌باشد.

¹ Run Chart
² Range
³ Variability

به همین دلیل باید روی تغییرپذیری فرآیند به مانند میانگین نظارت داشته باشیم. این کار را می‌توانیم با استفاده از نمودار R (برای دامنه) انجام دهیم. حدود کنترل توسط توسعه معادلات زیر تعریف می‌شوند:

$$\bar{R} \pm 3\bar{R} \times \frac{d_3}{d_2}$$

بنابراین

$$LCL = \bar{R} - 3\bar{R} \times \frac{d_3}{d_2}$$

$$UCL = \bar{R} + 3\bar{R} \times \frac{d_3}{d_2}$$

که

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

که d_2 و d_3 از شکل ۸. ۵ بدست می‌آیند. این فرمول‌ها می‌توانند برای LCL و UCL، به صورت زیر ساده شوند:

$$LCL = \bar{R} - 3\bar{R} \times \frac{d_3}{d_2} = \bar{R} \times \left(1 - 3 \times \frac{d_3}{d_2}\right)$$

$$UCL = \bar{R} + 3\bar{R} \times \frac{d_3}{d_2} = \bar{R} \times \left(1 + 3 \times \frac{d_3}{d_2}\right)$$

از آنجایی که برای هر اندازه نمونه داده شده، d_2 و d_3 ثابت هستند، می‌توان فاکتورهای جدیدی بدست آورد. این فرمول‌ها به صورت زیر خلاصه می‌شوند:

$$LCL = \bar{R} \times D_3$$

$$UCL = \bar{R} \times D_4$$

که D_3 و D_4 از شکل ۸. ۵ بدست می‌آیند.

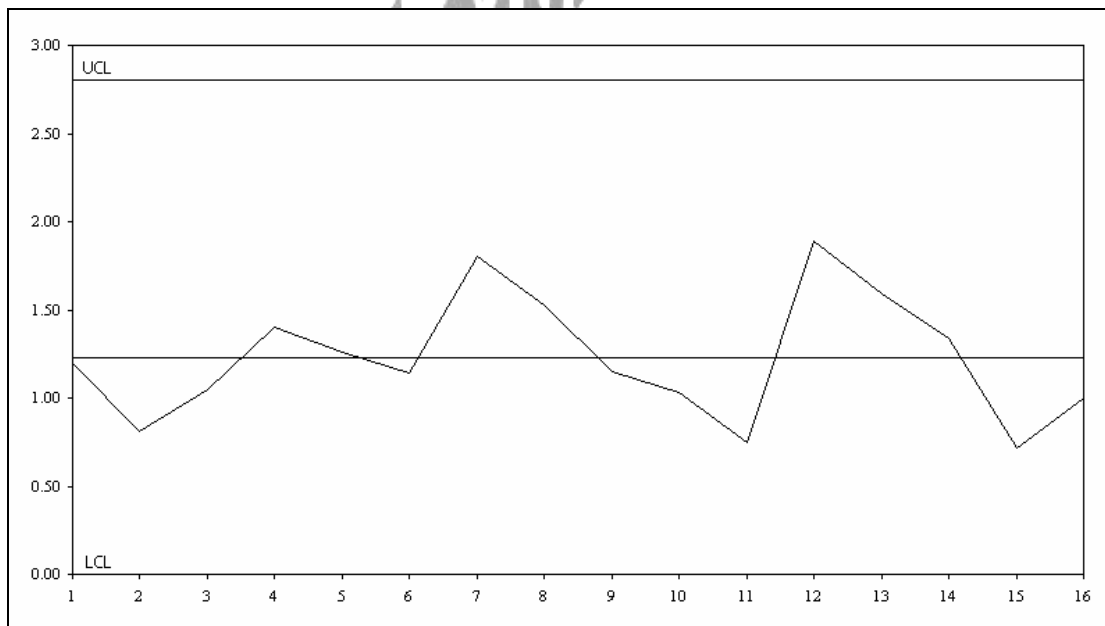
شکل ۸. ۸ کاربرد مورد استفاده برای محاسبه نمودار R را نشان می‌دهد. ستون H دامنه هر مجموعه از مشاهدات را با استفاده از فرمول " $=MAX(C5:F5) - MIN(C5:F5)$ " که در سلول H5 است، محاسبه می‌کند. خط مرکزی نمودار، میانگین دامنه است که در سلول D23 با استفاده از فرمول " $=AVERAGE(H5:H20)$ " محاسبه می‌شود و این سلول توسط ستون I مورد استفاده قرار می‌گیرد. سلول J5 حد پایین را با استفاده از فرمول " $=VLOOKUP(4;Table;4)*\$D\23 " محاسبه می‌کند و این سلول، در باقیمانده ستون مورد نظر قرار می‌گیرد. $Table$ نام جدول جستجو^۱ است که در شکل ۸. ۵ نشان داده شده است. سلول K5 حد بالا را با استفاده از فرمول " $=VLOOKUP(4;Table;5)*\$D\23 " محاسبه می‌کند و این سلول، در باقیمانده ستون مورد نظر قرار می‌گیرد. شکل ۸. ۹، نتایج نمودار R را نشان می‌دهد.

¹ Lookup Table

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Sample Data											
2												
3	Observations											
4			1	2	3	4	Mean	Range	Center	Lower Bound	Upper Bound	
5	Sixteen Data Sets	1	14.54	14.63	14.50	13.43	14.28	1.20	1.23	0.00	2.80	
6		2	14.13	14.10	14.88	14.91	14.51	0.81	1.23	0.00	2.80	
7		3	13.69	14.30	14.74	14.54	14.32	1.05	1.23	0.00	2.80	
8		4	14.23	13.94	14.80	13.40	14.09	1.40	1.23	0.00	2.80	
9		5	14.01	14.50	14.60	13.34	14.11	1.26	1.23	0.00	2.80	
10		6	14.77	14.77	14.68	13.63	14.46	1.14	1.23	0.00	2.80	
11		7	15.01	14.35	13.21	14.65	14.31	1.80	1.23	0.00	2.80	
12		8	13.16	14.00	14.69	13.16	13.75	1.53	1.23	0.00	2.80	
13		9	13.86	13.31	14.46	14.35	14.00	1.15	1.23	0.00	2.80	
14		10	13.80	13.25	13.91	14.28	13.81	1.03	1.23	0.00	2.80	
15		11	13.65	13.79	14.13	14.40	13.99	0.75	1.23	0.00	2.80	
16		12	15.08	13.48	14.34	13.19	14.02	1.89	1.23	0.00	2.80	
17		13	13.22	14.81	14.15	14.08	14.07	1.59	1.23	0.00	2.80	
18		14	14.95	15.05	13.71	14.17	14.47	1.34	1.23	0.00	2.80	
19		15	14.66	14.19	14.91	14.66	14.61	0.72	1.23	0.00	2.80	
20		16	14.09	14.18	13.86	13.18	13.83	1.00	1.23	0.00	2.80	
21												
22	Overall values											
23	Average Range			1.23								

شکل ۸.۸ داده‌های مورد استفاده برای ایجاد نمودار R



شکل ۸.۹ نتیجه نمودار R از داده‌های مربوط به شکل ۸.۸

۸.۵ نمودارهای انحراف معیار

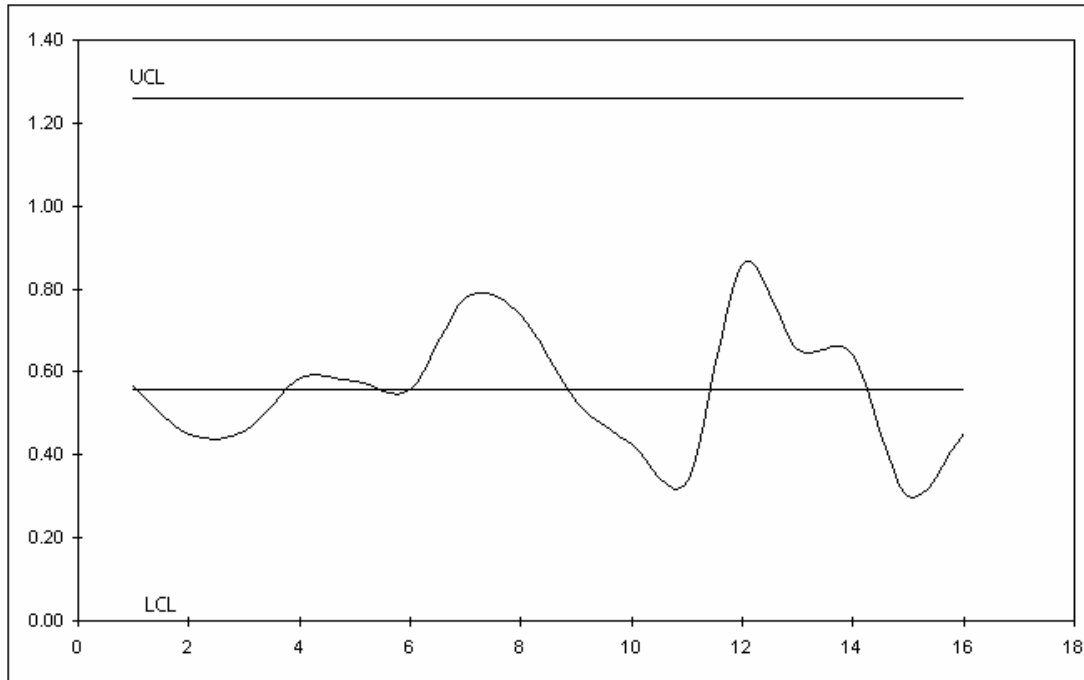
رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

جهت نظارت روی تغییرپذیری فرآیند، علاوه بر نمودار R، می‌توانیم از یک نمودار S (انحراف معیار) هم استفاده کنیم. ایجاد یک نمودار S، بسیار شبیه به ایجاد یک نمودار R است. شکل ۸.۱۰، داده‌های مورد استفاده را برای ایجاد یک نمودار کنترل انحراف معیار نشان می‌دهد.

قبلاً انحراف معیار را برای هر نمونه و انحراف معیار کل را در سلول D23 محاسبه نمودیم. تنوری آمار، به ما می‌گوید که از فاکتورهای B_3 و B_4 از شکل ۸.۵ استفاده کنیم. مقدار n برابر ۴ است، بنابراین فاکتورها برابر ۰.۰۰۰ و ۲.۲۶۶ می‌باشند. سلول I5 مقدار LCL را با استفاده از فرمول " $=H5*VLOOKUP(4;Table;7)$ " محاسبه می‌کند که برابر با صفر می‌شود و سلول J5، در باقیمانده ستون ۱، مورد استفاده قرار می‌گیرد. $Table$ نام جدول جستجو در شکل ۸.۵ است. سلول J5، مقدار UCL را با استفاده از فرمول " $=H5*VLOOKUP(4;Table;8)$ " محاسبه می‌کند و سلول J5، در باقیمانده ستون ۱، مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۸.۱۱، نمودار کنترل را با استفاده از انحراف معیار نشان می‌دهد.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Sample Data									
2										
3	Observations									
4							Standard Deviation	Center	Lower Bound	Upper Bound
5		1	2	3	4					
6	Sixteen Data Sets	1	14.54	14.63	14.50	13.43	0.57	0.56	0.00	1.26
7		2	14.13	14.10	14.88	14.91	0.45	0.56	0.00	1.26
8		3	13.69	14.30	14.74	14.54	0.46	0.56	0.00	1.26
9		4	14.23	13.94	14.80	13.40	0.58	0.56	0.00	1.26
10		5	14.01	14.50	14.60	13.34	0.58	0.56	0.00	1.26
11		6	14.77	14.77	14.68	13.63	0.56	0.56	0.00	1.26
12		7	15.01	14.35	13.21	14.65	0.78	0.56	0.00	1.26
13		8	13.16	14.00	14.69	13.16	0.74	0.56	0.00	1.26
14		9	13.86	13.31	14.46	14.35	0.53	0.56	0.00	1.26
15		10	13.80	13.25	13.91	14.28	0.43	0.56	0.00	1.26
16		11	13.65	13.79	14.13	14.40	0.34	0.56	0.00	1.26
17		12	15.08	13.48	14.34	13.19	0.86	0.56	0.00	1.26
18		13	13.22	14.81	14.15	14.08	0.65	0.56	0.00	1.26
19		14	14.95	15.05	13.71	14.17	0.64	0.56	0.00	1.26
20		15	14.66	14.19	14.91	14.66	0.30	0.56	0.00	1.26
21		16	14.09	14.18	13.86	13.18	0.45	0.56	0.00	1.26
22	Overall values									
23	Standard deviation			0.56						

شکل ۸.۱۰ داده‌های شکل ۸.۳ که برای ایجاد یک نمودار کنترل انحراف معیار تغییر یافته‌اند



شکل ۸. ۱۱ نتیجه نمودار انحراف معیار از داده‌های مربوط به شکل ۸. ۱۰

۸. ۶ استفاده از این نمودارها

تاکنون، یک نمودار کنترل میانگین، یک نمودار کنترل دامنه و یک نمودار کنترل انحراف معیار را ایجاد کرده ایم. این نمودارها، عملکرد یک فرآیند تولید را ردیابی می‌کنند و تغییرپذیری بیشتری را نسبت به آن چیزی که توقع داریم به طور طبیعی رخ دهد، دنبال می‌کنند. اگر یک مشاهده در زیر (یا بالای) خط مرکزی نمودار کنترل میانگین باشد، آیا این مسئله به معنای داشتن یک مشاهده در زیر (یا بالای) خط مرکزی نمودار کنترل انحراف معیار است؟ دوباره مثال سیب زمینی سرخ کرده را در نظر بگیرید. اگر در نمودار کنترل میانگین، نقاط در زیر خط مرکزی قرار بگیرند، به معنی این است که مشتریان به طور متوسط، سیب زمینی سرخ کرده کمتری از آنچه که انتظار دارند، دریافت می‌کنند. اگر در نمودار کنترل انحراف معیار، نقاط در زیر خط مرکزی قرار بگیرند، به معنی این است که نسبت به میانگین، تغییرپذیری کمتری بین کیسه‌ها وجود دارد. در حالی که، پایین بودن میانگین وزن‌ها، نشان دهنده یک مشکل است، در حالی که، پایین بودن تغییرپذیری مشکلی ایجاد نمی‌کند.

حال چگونه مدیریت می‌بایست به این سؤال پاسخ دهد که اگر نقاط در نمودار کنترل میانگین، به خط مرکزی نزدیک باشند، ولی در نمودار انحراف استاندارد به صفر نزدیک باشند، نشان دهنده تحت کنترل بودن آنهاست؟ نمودار کنترل انحراف معیار، بیان کننده این است که در دراز مدت فرآیند تحت کنترل آماری نیست. ولی به هر حال، این حالت خوب است! ممکن است چیزی در تولید تغییر کرده باشد که باعث شده است وزن کیسه نسبت به گذشته، پایدارتر شده باشد.

مدیریت می‌بایست بررسی نماید تا ببیند که علت این بهبود چه بوده است. شاید ماشین‌های برش سرویس شده‌اند یا اینکه شرکت سیب زمینی‌هایی با کیفیت بهتر خریداری کرده است. اگر این بهبود انتظار رود که ادامه داشته باشد، برای هر دو نمودار کنترل، نیاز به محاسبه حدود کنترل پایین و بالای جدید خواهیم داشت. پایین بودن تغییرپذیری نشان دهنده آن است که حدود کنترل جدیدی برای نمودار کنترل انحراف معیار

مورد نیاز است. به هر حال، به علت اینکه حدود نمودار کنترل میانگین بر اساس انحراف استاندارد می‌باشند، آنها نیز به، به روز شدن نیاز خواهند داشت.

۸.۷ نمودارهای کنترل برای داده های وصفی^۱

نمودارهای کنترل میانگین و انحراف استاندارد که در بالا بحث شد، تنها برای داده‌های پیوسته^۲، مانده داده‌هایی همچون ارتفاع و وزن که می‌توانند هر مقداری را در یک دامنه داشته باشند، به کار می‌رود. بسیاری از اوقات، می‌خواهیم یک فرآیند را برای وجود یا عدم وجود یک مشخصه کیفی گسسته نظارت کنیم. برای مثال، ممکن است بخواهیم تعداد عملیات منگنه زنی را که در حین منگنه زدن محصول ممکن است چروک شود، مورد نظارت قرار دهیم. در این حالت، هر محصول می‌تواند تنها یکی از دو ویژگی چروک شدن یا چروک نشدن را داشته باشد. در چنین حالت‌هایی که تنها دو ویژگی ممکن وجود دارد، توزیع آماری مربوطه، توزیع دو جمله‌ای^۳ است. نمودارهای کنترل برای استفاده از توزیع دو جمله‌ای، نمودارهای P و nP می‌باشند.

۸.۷.۱ نمودار P

نمودار P برای کنترل نسبت‌های^۴ نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۸.۱۲ داده‌هایی را نشان می‌دهد که برای ایجاد یک نمودار P از آنها استفاده خواهیم نمود. صفر نشان دهنده قابل قبول بودن محصول و یک نشان دهنده معیوب بودن محصول است. از ۱۶ مجموعه داده‌ها، ۶ تا از آنها، فقط دارای یک معیوب هستند و هیچکدام از آنها بیشتر از یک معیوب ندارند. نسبت کل اقلام معیوب 0.09 است. به دلیل اینکه این داده‌ها دارای توزیع دو جمله‌ای هستند، برای محاسبه انحراف معیار، از فرمول زیر استفاده می‌شود که \bar{P} ، میانگین نسبت اقلام معیوب می‌باشد:

$$S_p = \sqrt{\frac{\bar{P} \times (1 - \bar{P})}{n}}$$

¹ Attribute Data
² Continuous Data
³ Binomial Distribution
⁴ Proportions

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Sample Data										
2											
3	Observations										
4							Number Defective	Proportion Defective	Lower Bound	Center	Upper Bound
5	Sixteen Data Sets	1	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
6		2	0	1	0	0	1	0.25	0.00	0.09	0.53
7		3	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
8		4	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
9		5	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
10		6	0	0	1	0	1	0.25	0.00	0.09	0.53
11		7	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
12		8	0	1	0	0	1	0.25	0.00	0.09	0.53
13		9	0	1	0	0	1	0.25	0.00	0.09	0.53
14		10	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
15		11	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
16		12	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
17		13	1	0	0	0	1	0.25	0.00	0.09	0.53
18		14	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
19		15	1	0	0	0	1	0.25	0.00	0.09	0.53
20		16	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.09	0.53
21						Total	6	0.09			
22											
23	Overall values										
24	Standard deviation			0.14574							

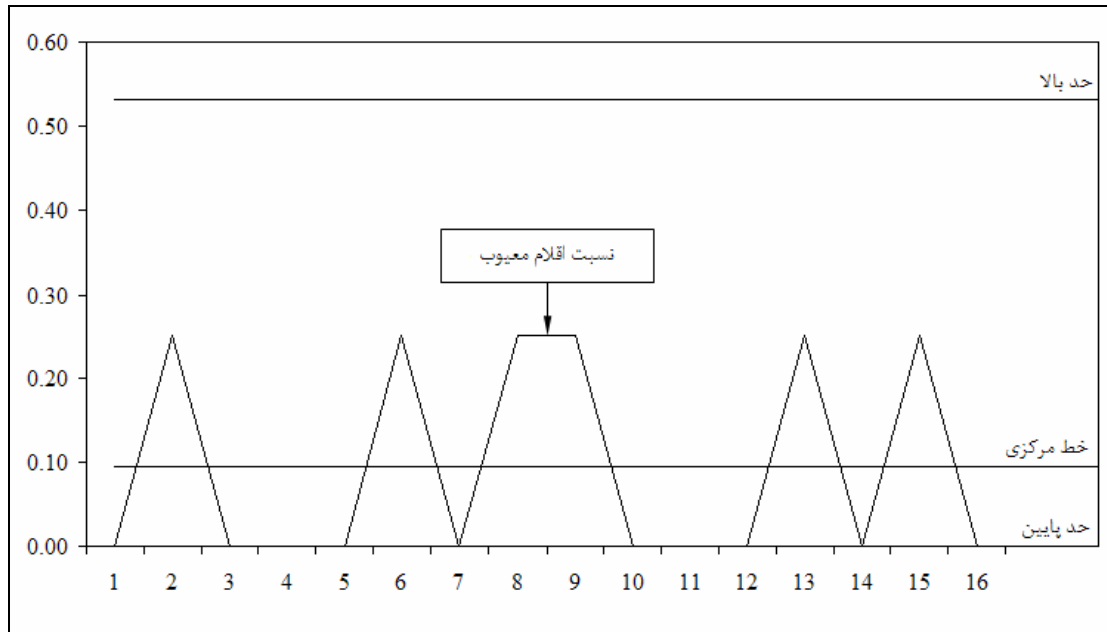
شکل ۸. ۱۲ داده‌های مورد استفاده برای ایجاد یک نمودار P

در این فرمول n ، اندازه نمونه است نه تعداد نمونه‌ها. بنابراین در این مثال، n برابر 4 است نه 16. انحراف معیار در سلول D24 با استفاده از فرمول " $=SQRT(((H21*(1-H21))/4))$ " محاسبه می‌شود که در این مثال مقدار آن برابر 0.14574 است. فرمول حد پایین کنترل آن به صورت $(\bar{P} - (3 \times S_p))$ می‌باشد که در ستون I با استفاده از فرمول " $=MAX(0;H\$21 - (3 * D\$24))$ " محاسبه می‌شود. این فرمول منفی بودن یک عدد را مورد بررسی قرار می‌دهد. به دلیل اینکه نسبت هرگز نمی‌تواند منفی باشد، هنگام محاسبه LCL، صفر هر بار جایگزین عدد منفی بدست آمده می‌شود. فرمول حد بالای کنترل آن به صورت $(\bar{P} + (3 \times S_p))$ می‌باشد که در ستون K با استفاده از فرمول " $=H\$21 + (3 * D\$24)$ " محاسبه می‌شود. خط مرکزی نسبت کل اقلام معیوب است که در سلول H21 با استفاده از فرمول " $=G21/64$ " محاسبه می‌شود. نتیجه نمودار P در شکل ۸. ۱۲، نشان داده شده است.

۸. ۷. ۲ نمودار nP

نمودار nP به جای نسبت اقلام معیوب، متوسط تعداد اقلام معیوب را کنترل می‌کند. جهت استفاده از یک نمودار nP، اندازه هر نمونه باید یکسان باشد. شکل ۸. ۱۴، داده‌هایی را نشان می‌دهد که برای ایجاد یک نمودار nP از آنها استفاده خواهیم کرد. صفر نشان دهنده قابل قبول بودن محصول و یک نشان دهنده معیوب بودن محصول است.

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی



شکل ۸.۱۲ نتیجه نمودار P از داده‌های مربوط به شکل ۸.۱۲

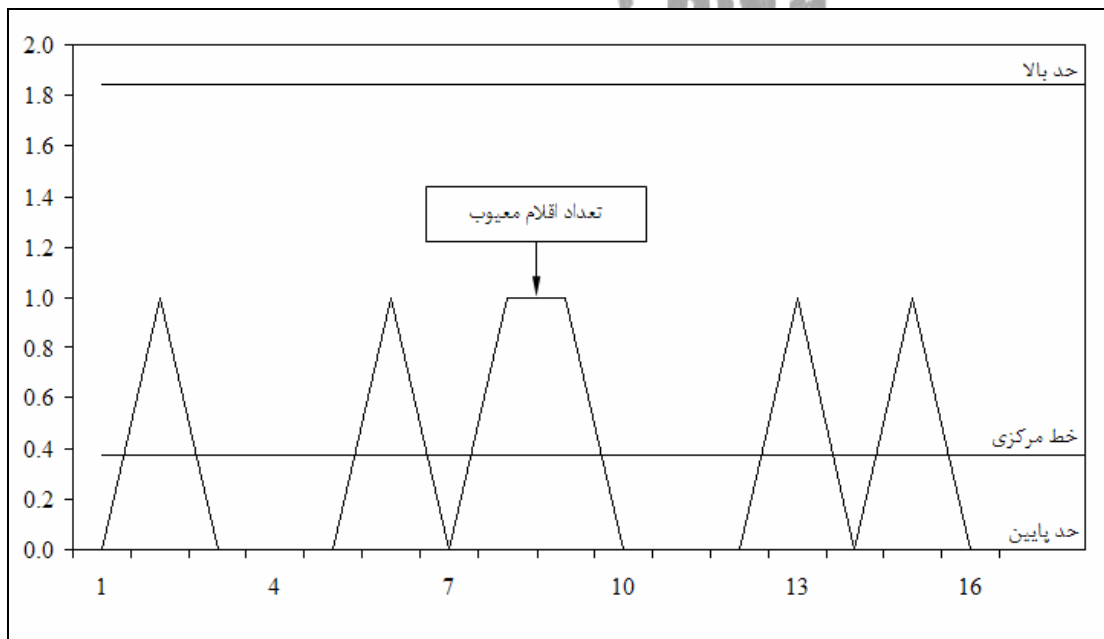
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Sample Data										
2											
3	Observations										
4			1	2	3	4	Number Defective	Proportion Defective	Lower Bound	Center	Upper Bound
5		1	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
6		2	0	1	0	0	1	0.25	0.00	0.38	1.84
7		3	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
8		4	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
9		5	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
10		6	0	0	1	0	1	0.25	0.00	0.38	1.84
11		7	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
12		8	0	1	0	0	1	0.25	0.00	0.38	1.84
13		9	0	1	0	0	1	0.25	0.00	0.38	1.84
14		10	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
15		11	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
16		12	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
17		13	1	0	0	0	1	0.25	0.00	0.38	1.84
18		14	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
19		15	1	0	0	0	1	0.25	0.00	0.38	1.84
20		16	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.38	1.84
21							Total	6	0.09		
22							nP	0.38			
23											
24	Overall values										
25	Standard deviation	0.582961									

شکل ۸.۱۴ داده‌های مورد استفاده برای ایجاد یک نمودار nP

از ۱۶ مجموعه داده‌ها، ۶ تا از آنها فقط دارای یک معیوب هستند و هیچکدام از آنها بیشتر از یک معیوب ندارند. میانگین کل تعداد اقلام معیوب 0.38 است که این همان nP می‌باشد. برای محاسبه انحراف معیار، از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$S_{n\bar{p}} = \sqrt{n \times \bar{P} \times (1 - \bar{P})}$$

در این فرمول n ، اندازه نمونه است. در این مثال، n برابر 4 است نه 16. انحراف معیار در سلول D25 با استفاده از فرمول " $=SQRT(H21*(1-H21)*4)$ " محاسبه می‌شود که در این مثال مقدار آن برابر 0.582961 است. فرمول حد پایین کنترل آن به صورت $(\bar{P} - (3 \times S_{n\bar{p}}))$ می‌باشد که در ستون 1 با استفاده از فرمول " $=MAX(0;H\$21 - (3 * \$D\$25))$ " محاسبه می‌شود. این فرمول منفی بودن یک عدد را مورد بررسی قرار می‌دهد. به دلیل اینکه این میانگین هرگز نمی‌تواند منفی باشد، هنگام محاسبه LCL، صفر هر بار جایگزین عدد منفی می‌شود. فرمول حد بالای کنترل آن به صورت $(\bar{P} + (3 \times S_{n\bar{p}}))$ می‌باشد که در ستون K با استفاده از فرمول " $=H\$21 + (3 * \$D\$25)$ " محاسبه می‌شود. خط مرکزی میانگین کل تعداد اقلام معیوب است که در سلول G22 با استفاده از فرمول " $=H21*4$ " محاسبه می‌شود. نتیجه نمودار $n\bar{p}$ در شکل ۸. ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۸. ۱۵ نتیجه نمودار $n\bar{p}$ از داده های مربوط به شکل ۸. ۱۴

۸. ۸ سایر نمودارهای کنترل کیفیت

۸. ۸. ۱ برگه‌های کنترل^۱

برگه‌های کنترل یک روش قلم و کاغذ^۲ است که برای ثبت پیشامدهای نقص‌های خاص یا سایر موارد که مدیریت قصد کنترل آنها را دارد، به کار می‌رود. شکل ۸. ۱۶، یک نمونه از برگه‌های کنترل را نشان می‌دهد. به محض اینکه برگه‌های کنترل کامل شدند، می‌توان نتایج را برای رسم نمودار به اکسل منتقل کرد.

¹ Checksheet
² Pen-and-Paper Method

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنج شنبه	جمعه
شل شدن سیم	√√√√	√√	√√√√√√	√	√√√
رنگ پریدگی	√√	√		√√	√
خمیده شدن پوشش	√	√	√		√√
انطباق ناقص	√		√√		
غیر قابل استفاده	√			√	

شکل ۸.۱۶ يك نمونه از برگه کنترل

۸.۸.۲ تحلیل پاراتو^۱

تحلیل پاراتو با شناسایی منابع مهم خطاها، به دنبال حذف نقص‌ها می‌باشد. برای تحلیل پاراتو، نتایج مربوط به برگه‌های کنترل را در نظر بگیرید و آن را از بیشترین تکرار به کمترین تکرار مرتب کنید. سپس درصد هر نقص را محاسبه کنید. بعد از این کار، تعداد تجمعی هر نقص و درصد هر تجمعی را محاسبه کنید. کاربرد اکسل مورد نظر که برای برگه کنترل شکل ۸.۱۶ ایجاد شده، در شکل ۸.۱۷ نشان داده شده است.

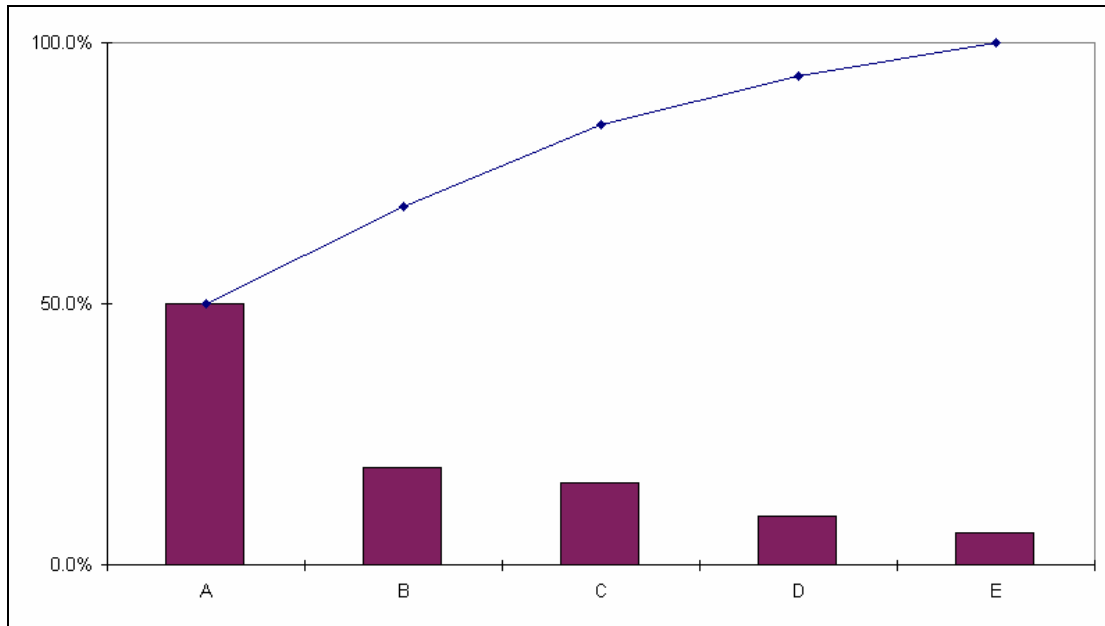
	A	B	C	D	E	F
1		Defect	Count	Percent	Running Total	Running Percent
2	A	Loose Wires	16	50.0%	16	50.0%
3	B	Chipped Paint	6	18.8%	22	68.8%
4	C	Bent Case	5	15.6%	27	84.4%
5	D	Faulty Alignment	3	9.4%	30	93.8%
6	E	Inoperative	2	6.3%	32	100.0%
7			32			

شکل ۸.۱۷ کاربردگی که تحلیل پاراتو را انجام می‌دهد

در این کاربردگی، ستون C شامل داده‌های مربوط به برگه کنترل است و سلول C7 مقدار مجموع را با استفاده از فرمول " $=SUM(C2:C6)$ " محاسبه می‌کند. ستون D درصد را با تقسیم هر مقدار به مقدار مجموع محاسبه می‌کند. برای سلول D2، فرمول به صورت " $=C2/CS7$ " می‌باشد و این فرمول به سایر سلول‌ها کپی می‌شود. ستون E، تعداد تجمعی را محاسبه می‌کند. فرمول برای سلول E2 به صورت " $=C2$ " و برای سلول E3 به صورت " $=C3+E2$ " است. فرمول سلول E3 به سایر سلول‌ها در ستون مورد نظر کپی می‌شود. ستون F درصد تجمعی‌ها را با تقسیم هر سلول به مقدار مجموع محاسبه می‌کند. فرمول در سلول F2 به صورت " $=E2/CS7$ " می‌باشد و این فرمول به سایر سلول‌ها کپی می‌شود.

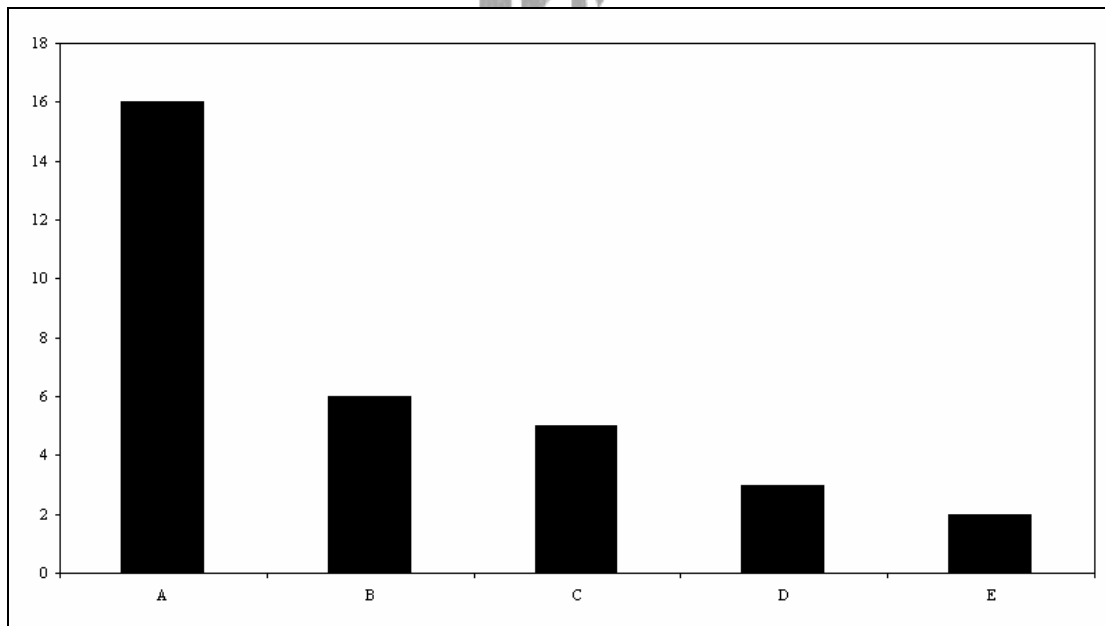
نمودار پاراتو در شکل ۸.۱۸ نشان داده شده است. این نمودار با استفاده از يك نمودار خاص از نوع "خط-ستون"^۲ ایجاد شده است. از درصد‌های انفرادی در میله‌ها (ستون‌ها) و از درصد‌های تجمعی در خط‌ها استفاده شده است.

¹ Pareto Analysis
² Line-Column



شکل ۱۸.۸ یک نمودار پاراتو

۱۸.۸.۳ نمودارهای میله‌ای^۱ و هیستوگرامها^۲ در اکسل یک نمودار میله‌ای، تعداد را از برگه کنترل با استفاده از یک نمودار ستونی نشان می‌دهد.^۳ نمودار میله‌ای مربوط به برگه کنترل شکل ۱۶.۸، در شکل ۱۹.۸ نشان داده شده است. این نمودار با استفاده از ستون C کاربرد شکل ۱۷.۸ ایجاد شده است.



¹ Bar Chart
² Histogram

³ بسیاری از متخصصان کنترل کیفیت، انواع نمودارهای میله‌ای را به عنوان هیستوگرام در نظر می‌گیرند، اگرچه به لحاظ فنی این عبارت صحیح نیست.

شکل ۸.۱۹ يك نمودار میله‌ای به سادگی تعداد را به صورت بصري نشان می‌دهد

۸.۹ نتیجه‌گیری

کنترل کیفیت يك مسئله بسیار مهم در مدیریت عملیات است. وقتی که فرآیندها به نظر می‌رسند که خارج از کنترل آماری باشند، نمودارها، بر اساس نمونه‌هایی که در فواصل منظم گرفته می‌شوند، می‌توانند به عنوان ابزاری مفید در تصمیم‌گیری مدیریت به کار روند. توجه کنید که هر داده مربوط به محصول، می‌تواند تغییر کند و باعث انجام تحلیل‌های What-if شوند. علاوه بر این، به راحتی می‌توانید نمونه‌های جدیدی به مجموعه داده‌ها اضافه یا کم کنید. این مسئله بخصوص وقتی که قضاوت روی مجموعه داده‌ها تغییر می‌کند، بسیار مهم است.

تمرینات

- ۸.۱- شکل ۸.۲۰، مجموعه داده را به همراه هشت مشاهده برای هر يك، نشان می‌دهد. يك نمودار کنترل میانگین برای این داده‌ها رسم کنید.
- ۸.۲- با استفاده از داده‌های شکل ۸.۲۰، يك نمودار کنترل دامنه رسم کنید.
- ۸.۳- با استفاده از داده‌های شکل ۸.۲۰، يك نمودار کنترل انحراف معیار رسم کنید.
- ۸.۴- شکل ۸.۲۱، مجموعه داده را به همراه ده مشاهده برای هر يك، نشان می‌دهد. يك نمودار P برای این داده‌ها رسم کنید.
- ۸.۵- با استفاده از داده‌های شکل ۸.۲۱، يك نمودار nP رسم کنید؟

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Observations									
2			1	2	3	4	5	6	7	8
3	Data Sets	1	32.47	32.21	32.15	31.79	31.73	32.90	31.88	31.76
4		2	31.68	32.47	32.46	31.61	32.57	32.02	31.76	32.81
5		3	31.72	31.93	31.57	31.81	31.70	32.50	31.53	31.55
6		4	31.70	32.34	32.49	32.42	31.68	31.98	32.89	31.70
7		5	32.23	32.67	32.22	32.18	32.25	31.92	31.80	31.49
8		6	31.95	32.56	31.71	31.71	32.56	32.84	31.70	32.70
9		7	32.24	32.31	31.84	31.90	31.91	32.05	31.91	31.15
10		8	31.61	31.62	32.51	31.03	32.07	31.96	31.52	31.60
11		9	31.92	32.21	31.81	31.91	32.36	31.81	31.08	31.37
12		10	31.61	31.60	32.30	31.25	31.37	31.52	31.40	32.14
13		11	32.47	32.20	32.36	32.04	31.88	32.53	31.73	31.46
14		12	32.18	31.96	31.65	32.31	31.92	31.17	32.21	31.49
15		13	32.44	31.99	31.96	31.61	32.13	32.37	31.68	31.76
16		14	32.00	32.31	32.05	31.16	32.59	31.93	32.26	31.55
17		15	32.10	32.54	32.04	32.27	31.97	31.99	32.88	32.08
18		16	32.10	31.93	32.14	31.71	32.52	31.80	32.44	31.50
19		17	31.41	31.51	32.02	31.47	31.28	32.07	31.91	31.78
20		18	31.70	31.60	32.06	31.52	32.13	31.64	31.94	31.75
21		19	32.88	32.16	32.87	32.36	31.72	31.48	31.34	32.32
22		20	32.38	32.30	31.85	32.44	32.06	31.27	31.88	32.08

شکل ۸.۲۰ داده‌های مربوط به تمرینات ۸.۱، ۸.۲ و ۸.۳

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Observations											
2			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Data Sets	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7		5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
8		6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
9		7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10		8	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
11		9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12		10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13		11	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
14		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15		13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16		14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17		15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18		16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19		17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
20		18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
21		19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22		20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

شکل ۸. ۲۱ داده‌های مربوط به تمرینات ۸، ۴ و ۵

۸. ۶- شرکت غذاهای دریایی فیشی^۱، به داشتن سیستم کنترل کیفیت پیشرفته خود افتخار می‌کند. این سیستم، هم شامل کنترل کیفیت غذا و هم شامل کنترل کیفیت خدمات می‌باشد. مدیریت در مورد زمان خدمت رسانی به مشتریان نگران است. زمان‌های خدمت رسانی به مشتریان (بر حسب دقیقه) در یکی از رستوران‌های زنجیره‌ای در شنبه شب به صورت زیر می‌باشند: 5.0، 6.0، 5.0، 5.5، 7.0، 4.0، 12.0، 4.5، 2.0، 5.0، 5.5، 6.0، 6.0، 13.0، 2.0، 5.0، 4.0، 4.5، 4.0، 6.5، 4.0، 1.0، 2.0، 3.0، 5.5، 4.0، 4.0، 8.0، 12.0، 3.0، 4.5، 6.5، 6.0، 7.0، 10.0، 6.0، 6.5، 3.0، 5.0، 6.5، 7.0، 4.0، 4.0 داده‌ها را به صورت گروه‌های چهارتایی در نظر بگیرید و یک نمودار کنترل برای میانگین این فرآیند رسم کنید. آیا زمان انتظار در رستوران تحت کنترل است؟

۸. ۷- با استفاده از داده‌های تمرین ۸. ۶، یک نمودار کنترل دامنه رسم کنید.

۸. ۸- با استفاده از داده‌های تمرین ۸. ۶، یک نمودار کنترل انحراف معیار رسم کنید.

۸. ۹- با استفاده از نتایج تمرینات ۸. ۶ تا ۸. ۸، کیفیت خدمات شرکت غذاهای دریایی فیشی را تفسیر کنید.

۸. ۱۰- یک شرکت لاستیک‌سازی به طور تصادفی 40 لاستیک را در انتهای هر شیفت برای تست معیوب بودن آنها نمونه‌گیری می‌کند. تعداد معیوب‌ها در ۱۲ شیفت به این صورت می‌باشند: 4، 2، 0، 5، 2، 3، 14، 2، 3، 4، 12 و 3. یک نمودار کنترل برای این فرآیند رسم کنید. آیا فرآیند تولید تحت کنترل است؟

۸. ۱۱- یک فروشگاه همبرگر فروشی، قصد دارد تعداد شکایت‌هایی را که در مورد همبرگرهای خود در طول یک هفته دریافت کرده است، کنترل کند. این نتایج به این صورت

¹ Fishy

رسم ابزارهای کنترل کیفیت با استفاده از اکسل تدوین و گردآوری: ابوالفضل کاظمی

می‌باشند: بیش از حد پخته-23، کمتر از حد پخته-8، ادویه نامناسب-6، بی نمک-4. يك تحليل پاراتو در این مورد ارائه دهید.
۸. ۱۲- با استفاده از داده‌های تمرین ۸. ۱۱، يك نمودار میله‌ای رسم کنید.

منبع:
کاربرد اکسل در مهندسی صنایع و مدیریت عملیات، ترجمه: ابوالفضل کاظمی