



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران



جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
دفتر انتشارات علمی و مدارک تخصصی

پروژه ایجاد پایگاه مجازی مقالات طرحها و نقشه های عمرانی کشور
(آرشیو چیدار)
مدیر پروژه: حسین غریبی

فرایند کنترل کیفیت نمایه سازی

مجموعی :

سپروس علی دؤستی

حسین حمزه

همکار : فخریه رشیدی

مشاور : فرهاد شیروانی

آبان ماه ۱۳۸۴



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران



سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
دفتر انتشارات علمی و مدارک تخصصی

پروژه ایجاد پایگاه مجازی مطالعات طرحها و نقشه‌های عمرانی کشور

(آرشیو چیدر)

قرارداد شماره ۱۷۰۶/۲۱۸۹۰۲ تاریخ ۱۳۸۲/۱۱/۱۹

مدیر پروژه: حسین غریبی

فرایند کنترل کیفیت نمایه‌سازی

مجری:

سیروس علیدوستی

حسن عصاره

مشاور: فرهاد شیرانی

همکار: فهیمه رشیدی

آبان ماه ۱۳۸۴



تجسلی

شماره : ۳۳,۴۵۹۵
 تاریخ : ۱۳۸۴ / ۸ / ۱۰
 پروت : Ref.

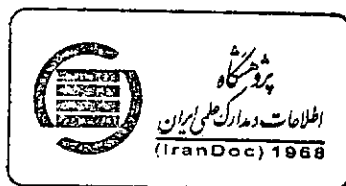
ریاست

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
 پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران
 Iranian Research Institute
 for Scientific Information
 and Documentation
 (IRANDOC)

بدین وسیله انجام پروژه «طراحی فرایند کنترل کیفیت نمایه‌سازی» توسط
 آقایان دکتر سیروس علیدوستی و مهندس حسن عصاره و با همکاری خانم
 مهندس فهیمه رشیدی و مشاوره آقای فرهاد شیرانی در پژوهشگاه اطلاعات و
 مدارک علمی ایران و گزارش علمی آن بر اساس نظر هیئت داوران تأیید
 می‌شود.
 لازم می‌داند مراتب قدردانی و سپاس خود را به تمامی همکاران این طرح
 تقدیم دارد.

با تشکر
 حسین خربویی

رئیس پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی ایران



تهران - خیابان انقلاب، چهارراه فلسطین، شماره ۱۱۸۸ صندوق پستی: ۱۳۷۱-۱۳۱۸۵
 تلفن: ۶۶۹۵۱۴۳۰ (خط ۱۰) - ۶۶۴۹۲۹۸۰ (خط ۵) دورنگار: ۶۶۴۶۲۲۵۴ تلفن گویا: ۶۶۴۹۴۹۵۴

1188, Enqelab Ave, Tehran, Iran, P.O. Box: 13185 - 1371 Tel: (+9821) 6649 4955 - 6646 2548

Fax: (+9821) 6646 2254 Email: info@irandoc.ac.ir

www.irandoc.ac.ir

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلید واژه‌ها

آمار / احتمال / کنترل کیفیت / کنترل فرایند آماری / نمایه‌سازی / گزارشهای طرحهای عمرانی / نقشه‌های طرحهای عمرانی

چکیده

کنترل کیفیت آماری مشتمل بر تکنیکهایی است که بر پایه داده‌های جمع‌آوری و نمونه‌های گرفته شده کیفیت محصول یا خدمت یا بیان می‌کنند و با به کار بستن ابزارهای آماری سعی در حفظ هرچه بیشتر کیفیت خروجی دارند. در این گزارش فرایند کنترل کیفیت نمایه‌سازی برای دو نوع مدرک گزارشهای نقشه‌های طرحهای عمرانی بر اساس تکنیکهای کنترل کیفیت آماری ارائه می‌شود. به این منظور ابتدا مفاهیم پایه آماری بیان می‌شوند. سپس اجزای کاربرگ‌های نمایه‌سازی این دو نوع مدرک از دیدگاه کنترل کیفیت بررسی و در نهایت فرایند کنترل کیفیت نمایه‌سازی آنها ارائه می‌گردد.



فهرست مطالب

یک	چکیده
دو	فهرست مطالب
چهار	فهرست جدولها
شش	فهرست شکلها
۱	۱. آمار
۱	۱-۱. مقدمه
۳	۲-۱. متغیر تصادفی
۳	۱-۲-۱. متغیر تصادفی بینم
۴	۲-۲-۱. متغیر تصادفی بواسان
۵	۳-۲-۱. متغیر تصادفی هندسی
۶	۴-۲-۱. متغیر تصادفی نرمال
۸	۳-۱. توزیع نمونه‌ای
۸	۱-۳-۱. توزیع نمونه‌ای میانگین
۹	۴-۱. تئوری تخمین
۱۰	۵-۱. تئوری فرضیه‌ها
۱۱	۲. کنترل کیفیت
۱۱	۱-۲. مقدمه
۱۴	۲-۲. کنترل فرایند آماری
۱۶	۱-۲-۲. برگه کنترل
۱۸	۲-۲-۲. نمودار تمرکز نقص
۱۸	۳-۲-۲. نمودار پارتو
۲۰	۴-۲-۲. نمودار علت و معلول
۲۱	۵-۲-۲. نمودار پراکندگی (پراکنش)

۲۳	 ۶-۲-۲. هیستوگرام
۲۴	 ۷-۲-۲. نمودارهای کنترل
۲۷	 ۸-۲-۲. نمودارهای کنترل «شوهارت»
۲۸	 ۱-۸-۲-۲. نمودار کنترل «شوهارت» برای مشخصه‌های کیفی وصفی
۲۹	 ۲-۸-۲-۲. نمودارهای کنترلی «شوهارت» برای مشخصه‌های کیفی متغیر
۳۰	 ۳-۲. قوانین حساس‌سازی
۳۲	 ۳. نمایه‌سازی گزارشها و نقشه‌های طرحهای عمرانی
۳۳	 ۱-۳. خصوصیات فرایند نمایه‌سازی
۳۵	 ۴. سیستم کنترل کیفیت - کنترل فرایند آماری
۳۵	 ۱-۴. نمودار کنترل نقصها - فرایند نمایه‌سازی گزارش طرحهای عمرانی
۴۱	 ۱-۱-۴. اجزای نمودار کنترل U طبقه‌بندی شده در هر واحد بازرسی
۴۴	 ۲-۱-۴. برگه کنترل
۵۴	 ۳-۱-۴. نمودار کنترل نقصها - فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرحهای عمرانی
۵۸	 ۱-۳-۱-۴. اجزای نمودار کنترل U طبقه‌بندی شده در هر واحد بازرسی
۶۴	 ۲-۲-۴. برگه کنترل
۶۶	 ۵. سایر تجزیه و تحلیلها
۶۸	 ۶. کتابنامه

فهرست جدولها

۱۰	جدول ۱. تصمیمات در آزمون فرض
۱۷	جدول ۲. برگه کنترل فرایند پر کردن نوشتابه
۳۲	جدول ۳. اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه سازی گزارش طرحهای عمرانی
۳۳	جدول ۴. اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه سازی نقشه طرحهای عمرانی
۳۶	جدول ۵. پیش فرضها و پارامترهای فرایند نمایه سازی گزارشات طرحهای عمرانی
۳۷	جدول ۶. اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۳۸	جدول ۷. اقلام اطلاعاتی گروه اول کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۳۸	جدول ۸. اقلام اطلاعاتی گروه دوم کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۳۹	جدول ۹. اقلام اطلاعاتی گروه سوم کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۴۰	جدول ۱۰. اقلام اطلاعاتی گروه چهارم کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۴۱	جدول ۱۱. ضرایب وزنی گروه و اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۴۳	جدول ۱۲. برنامه نمونه گیری برای نمودار کنترل آزمایشی فرایند نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۴۳	جدول ۱۳. برنامه برای نمودار کنترل نهایی فرایند نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی
۴۶	جدول ۱۴. پارامترهای فرایند نمایه سازی نقشه های طرحهای عمرانی
۴۷	جدول ۱۵. اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه سازی نقشه های طرحهای عمرانی
۴۸	جدول ۱۶. اقلام اطلاعاتی گروه اول کاربرگه نمایه سازی نقشه های طرحهای عمرانی
۴۹	جدول ۱۷. اقلام اطلاعاتی گروه دوم کاربرگه نمایه سازی نقشه های طرحهای عمرانی

۵۰	جدول ۱۸. ضرایب وزنی گروه و اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌های طرحهای عمرانی
۵۲	جدول ۱۹. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل آزمایشی فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرحهای عمرانی
۵۴	جدول ۲۰. برنامه برای نمودار کنترل نهایی فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرحهای عمرانی
۵۸	جدول ۲۱. تجزیه و تحلیل داده‌های فرایند نمایه‌سازی

فهرست شکلها

۱۳	 شکل ۱. کنترل کیفیت در سیستم تولید
۱۸	 شکل ۲. نمودار تمرکز نقص فرایند حمل و نقل یخچال
۱۹	 شکل ۳. نمودار پارتو
۲۰	 شکل ۴. ساختار علت و معلول
۲۱	 شکل ۵. کاربرد تعاملی نمودار پارتو و نمودار علت و معلولی در شناسایی راه کارهای اصلی بهبود فرایند
۲۲	 شکل ۶. نمودار پراکندگی دو متغیر
۲۳	 شکل ۷. نمودار فراوانی
۲۴	 شکل ۸. فرایند تحت کنترل با حضور انحرافات تصادفی
۲۴	 شکل ۹. فرایند خارج از کنترل با حضور انحرافات با دلیل
۲۷	 شکل ۱۰. اجزا و نمای نمودار کنترل
۲۸	 شکل ۱۱. نمودار کنترل و انحرافات نمونه ها
۳۱	 شکل ۱۲. روندهای خارج از کنترل
۴۵	 شکل ۱۳. نمونه برگه کنترل نمایه سازی گزارشها
۵۷	 شکل ۱۴. نمونه برگه کنترل نمایه سازی نقشه ها

۱. آمار

نظریه احتمال همان عقل سلیم است که
تا مرحله محاسبه تنزل پیدا کرده است.
- مارکوس لاپلاس^۱

۱-۱. مقدمه

آمار و احتمال، بیانی از طبیعت هستند که بشر آن را با حواس خود درک می‌کند. آمار علمی است که حقایق را آن‌گونه که هستند، با تمام ویژگیها و حالت‌های آن به فصاحت و شیوایی ارائه می‌کند. هر چند که این علم زائیده ریاضیات است و در قمارخانه‌ها شکل گرفته، اما فراتر از آن قادر است طبیعت را، موجودات را، فرایند رشد و تحول آنها را، و آثار جمعی آنها بر یکدیگر را بیان کند، به تصویر بکشد، و کنترل و پیشگویی نماید. توانایی و انعطاف این علم تا آنجاست که صاحب‌نظران، آمار را زیر بنایی مهم در تصمیم‌گیری و مدیریت می‌دانند. آماری که با تکیه بر داده‌ها، گذشته، حال، و آینده را منعکس می‌کند.

موضوع آمار، هنر و علم جمع‌آوری، تعبیر، و تجزیه و تحلیل داده‌ها و استخراج تعمیم‌های منطقی در مورد پدیده‌های تحت بررسی است. با توجه به مراحل اساسی یک تحقیق علمی آشکار است که آمار به طور وسیعی در قلمرو تمام تحقیقات علمی به کار می‌رود (باتاچاریا و جانسون ۱۹۷۷).

یک قرن پیش ولز^۲ اظهار داشت که «روزی تفکر آماری همچون توانایی خواندن و نوشتن، قابلیت ضروری و لازم محسوب می‌شود.» امروزه دیگر مدیران با معضل کمبود اطلاعات مواجه نیستند و مسئله اصلی آنها استفاده صحیح از داده‌ها و استخراج اطلاعات مناسب برای تصمیم‌گیری برتر

1 M. Laplas

2 H. G. Wells

است. با توجه به آنچه که در پیش روست، اهمیت آمار و تکنیکهای آماری در تصمیم‌گیری مدیران کاملاً احساس شده و مشهود است، به گونه‌ای که می‌توان گفت، مدیران به دلایل زیر نیازمند دانش آماری هستند:

- شناخت و درک ویژگیهای حال و تشریح اطلاعات؛
- توانایی استخراج نتایج و تصمیم‌گیری برای مجموعه‌های بزرگ با تکیه بر اطلاعاتی اندک؛
- توانایی و شناخت نحوه بهبود فرایند و کیفیت؛
- توانایی انجام پیش‌بینیهای مناسب و مطمئن (Berenson and Levine 1999).

به همین دلیل روشها و تکنیکهای گوناگون آماری با اهداف و قابلیت‌های مختلف رشد و توسعه یافته و می‌یابند. این سیر، منجر به ایجاد بستری مناسب برای تعریف مفاهیمی جدید با نگرشهای خاص در سایر علوم شده است. این مفاهیم نیز خود به عنوان زمینه‌های پژوهشی، مطالعاتی و کاربردی مشخص و مؤثر با گستره‌ای وسیع معرفی می‌گردند. از میان این کاربردها می‌توان به کنترل کیفیت آماری اشاره کرد.

در ادامه برخی از مفاهیم، تعاریف، و تکنیکهای آماری‌ای ارائه می‌شوند که آشنایی با آنها در استفاده از این گزارش ضروری است.

جامعه آماری. جامعه آماری، عبارت است از مجموعه کامل اندازه‌های ممکن یا اطلاعات ثبت شده از یک صفت است که می‌خواهیم استنباطهایی راجع به آن انجام دهیم (باتاچاریا و جانسون ۱۹۷۷). نمونه آماری، نمونه‌ای از جامعه آماری، مجموعه اندازه‌هایی است که عملاً در جریان یک تحقیق گردآوری می‌شوند (باتاچاریا و جانسون ۱۹۷۷).

میانگین (امید ریاضی). میانگین از جمله معیارهای مهم گرایش به مرکز است و مقدار آن از خارج قسمت مجموع اندازه‌های یک نمونه بر تعداد آن نمونه حاصل می‌شود (Berenson and Levine 1999). میانگین به عنوان مرکز ثقل توزیع جرم توجیه می‌شود (راس ۱۹۹۴).

واریانس. مهمترین معیار پراکندگی مجموعه اندازه‌های حاصل از یک نمونه واریانس نمونه است که بر مبنای متوسط‌گیری از انحرافهای مربع شده هر اندازه نسبت به میانگین نمونه به دست می‌آید (Berenson and Levine 1999). واریانس به مفهوم واژه گشتاور مرکزی در مکانیک است (راس ۱۹۹۴).

انحراف معیار. انحراف معیار جذر واریانس است (راس ۱۹۹۴).

دامنه. معیاری دیگر برای پراکندگی که محاسبه و تعبیر آن بسیار ساده است. مقدار این معیار از تفاضل بزرگترین مشاهده و کوچکترین مشاهده در نمونه حاصل می‌شود (Berenson and Levine 1999).

۱-۲. متغیر تصادفی

هر پدیده یا مشخصه‌ای که بتواند مقادیری مختلف را اختیار کند، متغیر تصادفی محسوب می‌شود. بنابراین نتایجی که متغیر تصادفی برمی‌گرداند غالباً متفاوت از یکدیگر هستند. با توجه به کیفیت فضای مقادیر تخصیصی متغیر تصادفی، متغیرهای تصادفی به دو دسته متغیرهای تصادفی گسسته و متغیرهای تصادفی پیوسته تقسیم‌بندی می‌شوند. متغیرهای تصادفی گسسته، متغیرهایی هستند که مقادیر عددی را بر اساس داده‌های شمارشی بر می‌گردانند، در حالی که متغیرهای تصادفی پیوسته، مقادیر عددی را بر اساس داده‌های پیوسته و نامحدود ارائه می‌کنند (Montgomery and Runger 1994).

بروز مقادیر مختلف توسط متغیرهای تصادفی دارای احتمالاتی خاص هستند که این مقدار احتمال بستگی به مقادیر مورد نظر و تمام دامنه تعریف متغیر تصادفی دارد. بنابراین پیشامد هر مقدار از محدوده تعریف شده، دارای احتمالی خاص بوده و تناظری بین مقدار و احتمال مربوطه وجود دارد. فهرست، جدول و یا ضابطه‌ای که تمامی مقادیر ممکنه متغیر تصادفی را به همراه احتمالهای مربوط به آنها بیان می‌کند را برای متغیرهای تصادفی گسسته، توزیع احتمال و برای متغیرهای تصادفی پیوسته، تابع چگالی احتمال می‌نامند. با توجه به تعریف ارائه شده، مسلم است که در متغیرهای تصادفی گسسته، به ازای هر نقطه، مقدار احتمال وجود دارد و توسط فهرست و یا فرمول مربوطه محاسبه می‌شود. در متغیرهای تصادفی پیوسته، مقدار احتمال که برابر سطح زیر منحنی تابع چگالی است به ازای هر نقطه صفر و برای دامنه‌ای هر چند کوچک از دامنه تابع، دارای مقداری غیر صفر است که این مقدار نیز توسط فرمول مربوطه محاسبه می‌گردد (Montgomery and Runger 1994).

۱-۲-۱. متغیر تصادفی بینم

توزیع بینم، یکی از توابع توزیع احتمال گسسته با کاربرد فراوان است. فرایند توزیع بینم دارای چهار ویژگی زیر است:

□ مشاهدات ممکنه را می‌توان به دو روش مختلف نمونه‌گیری به دست آورد. مشاهده ممکن است از جامعه‌ای نامحدود و بدون جایگذاری انتخاب گردد و یا از جامعه‌ای محدود و با جایگذاری انتخاب گردد؛

□ هر مشاهده به یکی از دسته‌های مشخص شده و مجزای پیروزی و یا شکست تقسیم‌بندی می‌شود؛
 □ احتمال بروز مشاهده‌ای از طبقه پیروزی برابر مقدار P بوده و این مقدار برای تمامی مشاهدات یکسان است و بنابراین بروز مشاهده‌ای از طبقه شکست دارای احتمال $1-P$ است. این مقدار برای تمامی مشاهدات ثابت است؛

□ نتیجه هر مشاهده (پیروزی و یا شکست) از مشاهده‌های دیگر مستقل است.
 هر متغیر تصادفی گسسته و یا فرایندی که دارای توزیع احتمال بینم است از نظر تعداد پیروزیهای به دست آمده در یک نمونه n تایی مورد توجه قرار می‌گیرد. بطور کلی مدل ریاضی که بیان‌گر توزیع احتمال بینم است و مقدار احتمالات تعداد پیروزیهای به دست آمده (X) را با معلوم بودن مقادیر پارامترهای توزیع p, n به صورت زیر است:

$$P(X = x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x}$$

$P(X = x)$: احتمال x پیروزی با معلوم بودن p, n

n اندازه نمونه

p احتمال پیروزی

$1-p$: احتمال شکست

x : تعداد پیروزی در نمونه $x=(0,1,\dots,n)$

شکل توزیع بینم ممکن است متقارن یا دارای چگالی باشد. هرگاه مقدار $p = 0.5$ باشد، بدون توجه به بزرگ یا کوچک بودن اندازه نمونه n ، توزیع متقارن است. اگر مقدار $p \neq 0.5$ باشد، توزیع حاصله چوله خواهد بود. با این حال، با نزدیک شدن p به مقدار ۰.۵ و افزایش اندازه نمونه، چولگی کاهش می‌یابد. میانگین و انحراف معیار استاندارد توزیع بینم به صورت زیر هستند (Berenson and Levine, 1999)

$$\mu = E(X) = nP$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\text{Var}(x)} = \sqrt{np(1-p)}$$

۲-۲-۱. متغیر تصادفی پواسن

توزیع پواسن از جمله توابع توزیع احتمالی گسسته است که دارای کاربرد وسیع و ویژه‌ای است. پدیده‌های گسسته عددی توسط یک فرایند پواسن به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- احتمال مشاهده یک پیروزی در این بازه ثابت است؛
- احتمال مشاهده بیش از یک پیروزی در یک بازه صفر است؛
- روی دادن یک پیروزی در هر بازه از بازه‌های دیگر بطور آماری مستقل است؛
- توزیع بواسان دارای یک پارامتر است که λ نام دارد و این پارامتر برابر میانگین پیروزیها در یک واحد می باشد.

واریانس توزیع بواسان نیز λ است و بنابر این انحراف معیار استاندارد این توزیع $\sqrt{\lambda}$ را نتیجه می دهد. به علاوه تعداد پیروزیها در یک متغیر تصادفی بواسان دارای دامنه‌ای از صفر تا بی نهایت است. معادله ریاضی که احتمال X پیروزی در توزیع بواسان را با داشتن مقدار پارامتر λ به عنوان میانگین و ارزش انتظاری پیروزیها، محاسبه می کند به صورت زیر است (Berenson and Levine, 1999):

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

$P(X = x)$: احتمال x پیروزی با معلوم بودن مقدار λ

λ : تعداد پیروزی مورد انتظار

e : ثابت ریاضی و تقریباً برابر ۲/۷۱۸۲۸

x : تعداد پیروزیها در هر واحد

۳-۲-۱. متغیر تصادفی هندسی

توزیع هندسی، از جمله توابع توزیع احتمالی گسسته است که بر پایه توزیع بینم تعریف می شود. این توزیع دارای خواص توزیع بینم است با این تفاوت که آزمایشها آنقدر تکرار می شوند تا اولین پیروزی یا موفقیت به دست آید. مسلماً با توجه به تعریف این توزیع، به دنبال احتمال بروز اولین موفقیت در x امین آزمایش هستیم و در واقع $x-1$ شکست را پیش از رسیدن به این موفقیت به دست می آوریم. مدل ریاضی که توزیع احتمال هندسی را با داشتن مقدار پارامتر p که معرف احتمال بروز موفقیت در هر آزمایش است، محاسبه می کند، به صورت زیر است (باوکر و لیبرمن، ۱۹۷۲):

$$P(X = x) = (1 - p)^{x-1} p$$

$P(X = x)$: احتمال رسیدن به موفقیت در x امین آزمایش

p : احتمال بروز موفقیت در هر آزمایش

$1 - p$: احتمال بروز شکست در هر آزمایش

x : تعداد تکرار آزمایشها ($x=1, \dots, n$)

میانگین و انحراف معیار استاندارد توزیع هندسی عبارت‌اند از:

$$\mu = E(x) = \frac{1}{p}$$

$$\text{Var} = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\text{Var}(x)} = \sqrt{\frac{1-p}{p^2}}$$

۱-۲-۴. متغیر تصادفی نرمال

توزیع نرمال یکی از مهم‌ترین توابع توزیع احتمالی پیوسته است. توزیع نرمال به دلایل زیر در آمار دارای نقشی حیاتی و مهم است:

□ پدیده‌های پیوسته عددی از این توزیع پیروی می‌کنند و یا اینکه به طور تقریبی دارای این توزیع هستند؛

□ ما می‌توانیم از توزیع نرمال برای تقریب توزیعهای احتمالی گسسته مختلف استفاده کنیم؛

□ ارتباط توزیع نرمال با نظریه حد مرکزی منجر به معرفی توزیع نرمال به عنوان پایه و اساس آمار کلاسیک استنباطی شده است.

توزیع نرمال از لحاظ نظری دارای ویژگیهایی بسیار مهم است که عبارت‌اند از:

□ توزیع نرمال زنگی شکل (و متقارن) است؛

□ سنج‌های تمایل به مرکز (میانگین، میانه، نما، وسط دامنه، وسط چارکهای اول و سوم) در توزیع نرمال همگی یکسان و برابر هستند؛

□ گستره دامنه بین چارکهای اول و سوم برابر $1/33$ انحراف معیار استاندارد است. این بدان معناست که دامنه بین چارکها از $2/3$ انحراف معیار استاندارد در زیر میانگین تا $2/3$ انحراف معیار استاندارد در بالای میانگین گسترده شده است؛

□ متغیرهای تصادفی توزیع نرمال دارای دامنه نامحدود ($-\infty < X < +\infty$) است.

در عمل، بسیاری از متغیرهایی را که می‌بینیم دارای تقریبی از ویژگیهای نظری مذکور است، چرا که ممکن است توزیع جامعه مورد بررسی به طور تقریبی نرمال باشد یا آنکه نمونه منطقی تحت مطالعه دارای انحراف از ویژگیهای مورد انتظار باشد که این مسئله نیز طبیعی و غیر قابل اجتناب است. هرگاه متغیری تقریباً دارای توزیع نرمال باشد، شکل زنگی و تقارن آن تقریبی، اندازه‌های تمایل به مرکز متفاوت از یکدیگر، دامنه بین چارکها متفاوت از مقدار $1/33$ انحراف معیار استاندارد، و دامنه

متغیر تصادفی محدود و معمولاً بین سه انحراف معیار بالا و پایین میانگین خواهد بود. مدل ریاضی تابع چگالی احتمال توزیع نرمال عبارت است از:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left[(x-\mu)/\sigma\right]^2}$$

e : ثابت ریاضی و تقریباً برابر ۲/۷۱۸۲۸

π : ثابت ریاضی و تقریباً برابر ۳/۱۴۱۵۹

μ : میانگین جامعه

σ : انحراف معیار استاندارد جامعه

X : مقدار متغیر تصادفی پیوسته ($-\infty < X < +\infty$)

متأسفانه معادله ریاضی تابع چگالی احتمال نرمال بسیار پیچیده و محاسبه آن به ازای مقادیر مختلف X دشوار است. به منظور جلوگیری از این محاسبات، می‌توان از جدولهایی که احتمالهای مربوط را برای مقادیر مختلف X بیان می‌کنند استفاده کرد. ولی از آنجا که پارامترهای μ ، σ بسیار متنوع و متغیر هستند، حجم و تعداد جدولهای نامحدود خواهد بود. با استاندارد کردن داده‌ها فقط نیاز به یک جدول است. و در واقع توسط فرمول تبدیل می‌توان هر متغیر تصادفی نرمال X را به متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z تبدیل کرد.

مقدار Z با کاستن مقدار μ از X و تقسیم آن بر انحراف معیار استاندارد σ حاصل می‌شود.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

توزیع نرمال استاندارد حاصله، دارای میانگین صفر و انحراف معیار استاندارد یک است (Berenson and Levine 1999).

همان‌گونه که در ابتدا اشاره شد، توزیع نرمال برای تقریب برخی توزیعهای احتمالی گسسته کاربرد دارد که در این میان می‌توان تقریب بینم به وسیله نرمال را برشمرد. اگر یک متغیر تصادفی بینم با پارامترهای n و p را با کم کردن میانگین np و پس از تقسیم نتیجه بر انحراف معیار $\sqrt{np(1-p)}$ به صورت استاندارد درآوریم، آنگاه این متغیر تصادفی استاندارد شده که دارای میانگین صفر و واریانس ۱ است، از توزیع نرمال استاندارد پیروی می‌کند.

۱-۳. توزیع نمونه‌ای

آمار گزاره‌ای است درباره یک نمونه. در آمار استقرایی هدف توصیف جامعه‌ای است که از آن نمونه انتخاب شده است و آنچه که معمولاً انجام می‌دهیم استنتاج خصلتهای جامعه مورد نظر بر پایه خصلتهای به دست آمده از نمونه انتخابی است. خصلتهای جامعه مورد نظر را پارامتر و خصلتهای به دست آمده از نمونه را آماره می‌نامیم. عمومیت دادن از آماره به پارامترها با اطمینان خاطر در صورتی عملی است که در مورد رفتارهای نوسانی آماره مدنظر که برای نمونه‌های مختلف محاسبه می‌گردد، مطلع باشیم. در این میان توزیع احتمال یک آماره که احتمال مشاهده نتایج مختلف آماره را منعکس می‌کند، توزیع نمونه‌ای خوانده می‌شود (Berenson and Levine 1999).

۱-۳-۱. توزیع نمونه‌ای میانگین

مهم‌ترین و اولین توزیع نمونه‌ای که بررسی می‌گردد توزیع میانگین $\bar{X}$ است. اگر تمام نمونه‌های تصادفی n تایی از یک جمعیت (بزرگ) با حد متوسط μ و انحراف معیار σ انتخاب شوند، در آن صورت توزیع نمونه‌ای میانگین نمونه $\bar{X}$ دارای توزیع تقریبی نرمال با حد متوسط μ و انحراف معیار $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ خواهد بود و از این رو:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

متغیر نرمال استاندارد Z را نتیجه می‌دهد. در بیشتر اوقات واریانس جمعیت را ندانسته و نمی‌توانیم آن را مستقیماً از نمونه‌های انتخابی محاسبه کنیم. در این شرایط به جای انحراف معیار استاندارد جامعه، انحراف معیار نمونه محاسبه شده و جایگزین می‌گردد. مسلماً، در این حالت توزیع نهایی میانگین نمونه با توجه به تقریب و جایگزینی استفاده شود، تغییر می‌کند. در این حالت توزیع نرمال استاندارد Z به توزیع نمونه‌ای دیگری به نام t تبدیل می‌شود.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

توزیع t دارای درجه آزادی $n-1$ است که این مقدار با توجه به اندازه نمونه به کار رفته در محاسبه s تعیین می‌گردد. برخی دیگر از مهم‌ترین توزیعهای نمونه‌ای عبارت‌اند از:

۱. توزیع مربع کای: توزیع نمونه‌ای مرتبط با واریانس جامعه است که امکان تخمین و بررسی واریانس جامعه را بر اساس واریانس نمونه به تحلیل گر می‌دهد و همواره از پرکاربردترین توزیعهای نمونه در

آنالیزهای مختلفی چون نیکویی برازش، استقلال، روشهای پارامتری و ... مطرح است (Berenson and Levine 1999).

۲. توزیع F: توزیع نمونه‌ای مرتبط با نسبت واریانس دو جامعه است که امکان تخمین و بررسی نسبت واریانسهای دو جامعه به تحلیل گر می‌دهد و اساس روشهای آماری چند عاملی و آنالیز واریانس در بررسیهای همبستگی و علت و معلولی است (والپول بی‌تا).

۴-۱. تئوری تخمین

یکی از دو زمینه اصلی آمار استقرایی در تصمیم‌گیری و ارائه نتایج برای جامعه، تئوری تخمین است. در تئوری تخمین هدف، شناسایی دقیق و ارائه مقدار یا دامنه‌ای از مقیاس برای پارامترهای نامعلوم جامعه با تکیه بر آمارهای به دست آمده از نمونه انتخابی است. در واقع تحلیل گر با استفاده از تخمین زنده‌ها سعی در تخمین پارامتر جامعه با کمترین مقدار انحراف و خطا دارد. نتیجه تلاش تحلیل گر در روش تخمین نقطه‌ای ارائه مقدار دقیق برای پارامتر نامعلوم جامعه و در روش تخمین فاصله‌ای ارائه دامنه‌ای است که با درصدی از اطمینان مقدار دقیق پارامتر جامعه را در خود جای داده باشد. به طور کلی، اگر جامعه‌ای با توزیع احتمال $f(x)$ و پارامتر نامعلوم θ وجود داشته باشد، هر تابعی از نمونه‌های یکسان گرفته شده جامعه، می‌تواند به عنوان تخمین زنده $\hat{\theta}$ محسوب گردد که این تخمین زنده $\hat{\theta}$ از آنجا که تابعی از متغیرهای تصادفی است، خود متغیر تصادفی بوده و مقادیر مختلفی اتخاذ می‌کند. هر مقداری که تخمین زنده فوق برگرداند، در واقع تخمین نقطه‌ای از θ است. با چنین تعریف آزادی از تخمین زنده، امکان ارائه تخمین زنده‌های مختلف برای یک پارامتر نامعلوم جامعه وجود دارد. در این صورت، برای انتخاب تخمین زنده مناسب، نیاز به بررسی آماری و مقایسه آنها با توجه به معیارهای مختلف است (Montgomery and Runger 1994).

یک تخمین زنده باید به مقدار واقعی پارامتر نامعلوم جامعه بسیار نزدیک باشد، به عبارتی دیگر اگر ارزش انتظاری تخمین زنده برابر مقدار دقیق پارامتر جامعه باشد، این تخمین زنده، تخمین زنده‌ای نااریب است (Montgomery and Runger 1994).

$$E(\hat{\theta}) = \theta$$

نااریبی، یکی از ویژگیهای مطلوب تخمین زنده‌ها و معیاری برای انتخاب آنها است. با این وجود، تخمین زنده‌های نااریب متفاوتی نیز برای یک پارامتر جامعه دیده می‌شود. ولی فقط یکی از این تخمین زنده‌های نااریب دارای کم‌ترین مقدار واریانس است و این چنین تخمین زنده‌ای که

تخمین‌زننده نااریب کارا و یا تخمین‌زننده نااریب با حداقل واریانس^۳ خوانده می‌شود، برتر است (Montgomery and Runger 1994).

۵-۱. تئوری فرضیه‌ها

علاوه بر روش تئوری تخمین، تئوری فرضیه‌ها و آزمونهای مربوطه روشی دیگر از آمار استقرایی در تصمیم‌گیری و ارائه نتایج برای پارامترهای نامعلوم جامعه براساس اطلاعات حاصله از نمونه‌های انتخابی محسوب می‌گردد. فرضیه آماری در واقع عبارت و یا ادعایی است که در مورد پارامترهای یک یا چند جامعه اعلان می‌شود و سپس مورد آزمون قرار می‌گیرد. همان‌گونه که ذکر شد، فرضیه اعلان شده بر اساس داده‌های به‌دست آمده و اطلاعات استخراجی از نمونه بررسی شده و در پایان با سطحی از اطمینان در مورد آن نتیجه‌گیری می‌شود. پس از گرفتن نمونه، با استفاده از تخمین‌زننده‌ها، پارامترهای فرض شده، محاسبه می‌گردند و سپس از توزیعهای نمونه‌ای مربوطه استفاده شده و آماره نهایی به‌دست آمده با ناحیه پذیرش که براساس مقدار خطای نوع اول تعریف می‌شود، مقایسه شده و صحت فرضیه یا خلاف آن تعیین می‌شود (Montgomery and Runger 1994).

عملکرد فرضیه تعیین شده در پاسخ‌گویی صحیح براساس مقادیر خطای نوع اول و دوم است. خطای نوع اول بیانگر احتمال رد فرضیه خنثی و قبول فرضیه مخالف است در صورتی که فرضیه خنثی صحیح باشد (جدول یک). احتمال پذیرش فرضیه خنثی زمانی که فرضیه خنثی ناصحیح بوده و فرضیه مخالف صحیح است، در قالب منحنی مشخصه عملکرد^۴ دیده می‌شود. آزمون فرضیه را می‌توان پایه و اساس نظری و ریاضی نمودارهای کنترل کیفیت دانست که هدف آنها شناسایی وضعیت فرایند و طبیعی بودن خروجیهای به‌دست آمده از فرایند است (Montgomery and Runger 1994).

جدول ۱. تصمیمات در آزمون فرض (ماینر و مونتگمری ۱۹۹۰)

H_0 درست باشد	H_0 غلط باشد
قبول H_0	خطای نوع II
رد H_0	خطای نوع I

3 Uniform Minimum Variance Unbiased Estimator (UMVUE, UMVU, MVUE)
4 operation characteristic

۲. کنترل کیفیت

*No process without data collection,
No data collection without analysis,
No analysis without action.*
-- J. S. Oakland

۱-۲ مقدمه

کیفیت چیست؟ کلمه کیفیت غالباً در خصوص برتری محصول یا سرویس به کار می‌رود. این کاربرد از دیدگاه برتری مطلق و بهترین نشأت می‌گیرد. در برخی از صنایع تولیدی کیفیت را انطباق با خصوصیات فیزیکی و مشخصه‌های فنی محصول می‌شناسند. اما اگر به دنبال مدیریت کیفیت باشیم، کیفیت را باید نیازهای مشتری بدانیم (Ishikawa 1990).

کیفیت، مطلوبیت و شایستگی محصول در کاربرد است. کیفیت، مطلوبیت و شایستگی خدمات در اهداف است. با گذشت زمان، کیفیت به عنوان عامل اصلی در تصمیم‌گیری مشتریان در مرحله ارزیابی محصولات و خدمات به کار می‌رود، تا آنجایی که بهبود کیفیت به عنوان یک استراتژی اساسی مطرح گردیده است و می‌تواند رشد تجاری و موفقیت رقابتی سازمانهای تولیدی و خدماتی را ارتقا دهد. بنابراین آنچه که کیفیت کالا یا خدمتی را تعیین می‌کند، میزان انطباق آن با نیازها، استانداردها، و انتظارات مشتری است. با توجه به اهمیت کیفیت، روشهای آماری و هندسی برای اندازه‌گیری ایجاد، بهبود، و تضمین کیفیت طی هفت دهه گذشته توسط دانشمندان، آماردانان، و مهندسان شکل گرفته است که در این میان می‌توان به «دمینگ»، «شوهارت»، «ایشیکاوا»، «تاگوچی»، «کراسبی»، «جوران»، «دانکن»، «مونته‌گمری»، و ... اشاره کرد که توسعه دهنده مفاهیم، فرهنگ، مدیریت، و تکنیکهای مختلف کنترل کیفیت با تکیه بر روشهای آماری بوده‌اند (Kolarik 1999).

کنترل کیفیت آماری مشتمل بر تکنیکهایی است که بر پایه داده‌های جمع‌آوری شده و نمونه‌های گرفته شده، کیفیت محصول یا سرویس را بیان می‌کنند و با به کار بستن ابزارهای آماری و

بهبوددهنده سعی در حفظ و مطلوبیت هر چه بیشتر کیفیت خروجی دارند. در تمامی این روشها، تفکر آماری و روشهای تصمیم‌گیری آماری، زیر بنای اقدامات کنترلی را تشکیل می‌دهند. تا آنجا که استفاده از ابزارهای کنترل کیفیت آماری، بدون توجه به عملکرد واقعی آماری ابزارها و عدم اشراف بر تفکر آماری و پایه‌های آن، چیزی جز طی کردن مسیر در تاریکی نیست. ایشیکاوا، بر این مسئله تأکید فراوان داشته است و دیدگاه‌های خود را پیرامون اهمیت آمار و روشهای آماری و جایگاه آن در کنترل کیفیت و حرکت در جهت بهبود را به گونه زیر بیان می‌کند (Kolarik 1999):

- در هر فرایند و کاری، انحراف وجود دارد؛
- از این زمان، روشهای آماری بخش حساس و مهم از آگاهیها و دانش مهندسی است؛
- داده‌ها، برای استفاده و کار با آنها جمع‌آوری می‌شوند، اعداد و ارقام محض را جمع‌آوری نکنید؛
- اساس و پایه کنترل، بر داده‌ها و اطلاعات صحیح استوار است و نه بر داده‌های غلط؛
- کنترل کیفیت خوب بدون آگاهی به روشهای آماری غیر ممکن است؛
- روشهای آماری مسیر را هموار می‌سازند؛
- استانداردسازی و کنترل دقیق، بدون تکنیکهای آماری ناممکن است؛
- ۹۵ درصد مشکلات یک واحد، به‌راستی با روشهای ساده آماری حل می‌شوند؛
- تقریباً تمام مسائل را می‌توان با نمودار پارتو، و نمودار علت و معلول حل کرد؛
- کنترل و تجزیه و تحلیل خوب بدون نمونه‌گیری صحیح شدنی نیست؛
- کنترل کیفیت با نمودارهای کنترل شروع می‌شود و پایان می‌یابد؛
- نمودارهای کنترل برای کنترل انسان به کار نمی‌روند. آنها برای کمک به افراد در انجام بهتر کارها به کار می‌روند؛

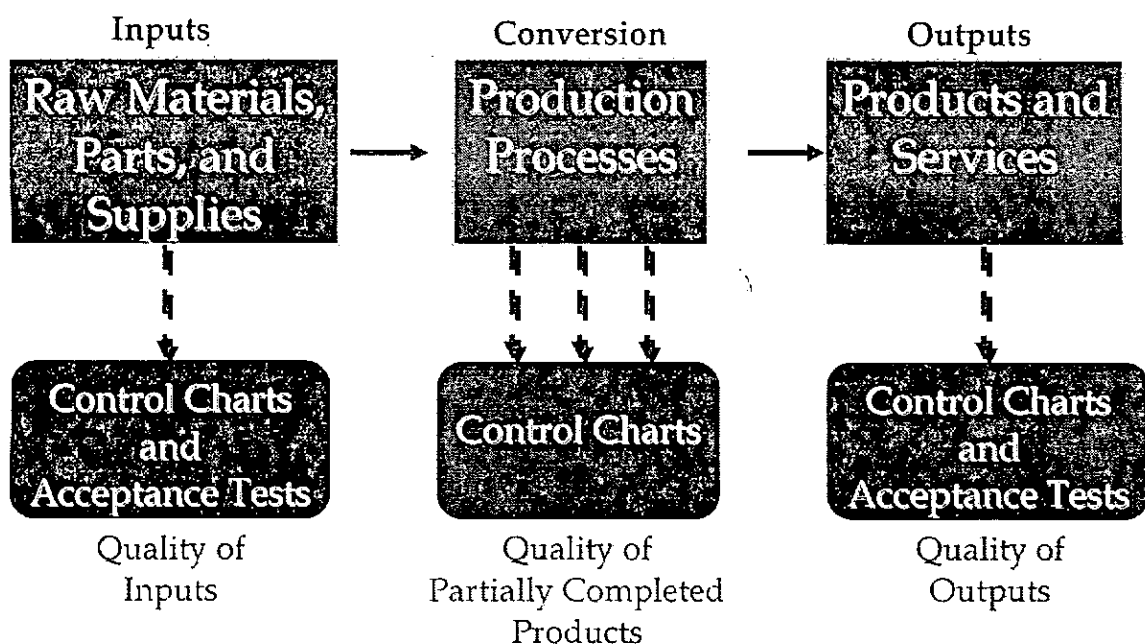
- کنترل منجر به پیش‌بینی و قابلیت اطمینان می‌شود؛
- بررسی کارایی فرایند ساختار کنترل کیفیت را تعریف می‌کند؛
- چگونه می‌توان، کنترل کیفیت را به کار بست، اگر کارایی فرایند نامشخص باشد؛
- چگونه می‌توان فرایندی را طراحی کرد، بدون آنکه کارایی و ظرفیت فرایند مشخص باشد؛
- کارایی فرایند اگر تحت بررسی قرار گیرد، بهبود ۱۰ برابر می‌شود.

روشهای آماری کنترل کیفیت در سه بخش مختلف تقسیم‌بندی و معرفی می‌گردند که هر یک از این طبقات؛ سطحی خاص از روشها و ابزارهای آماری را مبنای خود قرار می‌دهند؛ رویکردی خاص را به خروجی، فرایند، و کیفیت دارند؛ و تحولی خاص را در کیفیت ایجاد می‌کنند.

نمونه‌گیری برای پذیرش^۵. نمونه‌گیری برای پذیرش یکی از کاربردهای آزمون آماری در کنترل کیفیت است. مقصود انتخاب بین پذیرش یا رد یک محموله است. محموله جامعه‌ای متناهی را تشکیل می‌دهد؛ لذا می‌توان آن را صددرصد بازرسی کرد (نتر، واسرمن، و ویتامور ۱۹۸۸). خصوصیات و ویژگیهای روش نمونه‌گیری برای پذیرش به شرح زیر است (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹):

- هدف از نمونه‌گیری برای پذیرش، ارزیابی انباشته است و نه برآورد کیفیت انباشته؛
- طرحهای نمونه‌گیری برای پذیرش، روش مستقیمی از کنترل کیفیت محسوب نمی‌شوند. از طریق این طرحها، صرفاً انباشته‌ها رد یا پذیرش می‌شوند؛
- روشهای نمونه‌گیری برای پذیرش در فرآورده‌ها، کیفیت ایجاد نمی‌کنند.

کنترل فرایند آماری^۶. صاحب‌نظران معتقدند محصول از ابتدا باید درست تولید شود و نمی‌توان کیفیت را با انجام فعالیتهای بازرسی و آزمون در محصول گنجانده. این بدان معناست که فرایند تولید باید از ثبات مناسبی برخوردار باشد و تمامی افرادی که به گونه‌ای با فرایند سروکار دارند باید به‌طور مستمر سعی در بهبود عملکرد فرایند و کاهش تغییرپذیری در پارامترهای کلیدی داشته باشند. کنترل فرایند آماری در حین تعیین تولید، ابزار اصلی برای دست یافتن به چنین هدفی است. کنترل فرایند آماری مجموعه‌ای قدرتمند و توانا از ابزار حل مشکل است که در ایجاد ثبات فرایند و بهبود کارایی آن از طریق کاهش تغییرپذیری برای هر نوع فرایندی مفید واقع می‌گردد (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹).



شکل ۱. کنترل کیفیت در سیستم تولید

5 Acceptance Sampling (ASA)

6 Statistical Process Control

طراحی آزمایشها^۷. طراحی آزمایشها، شامل یک آزمایش یا مجموعه‌ای از آزمایشهاست که در آن به‌طور آگاهانه در متغیرهای ورودی فرایند تغییراتی ایجاد می‌شود تا از این طریق میزان تغییرات حاصل، در پاسخ خروجی فرایند مشاهده و شناسایی شوند. به عبارت دیگر روش طراحی آزمایشها، یک روش کنشی محسوب می‌شود که با بررسی نتایج حاصله، عملکرد بهبود می‌یابد. اهداف آزمایش ممکن است شامل موارد زیر باشند (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹):

- ☐ تعیین متغیرهایی که بیشترین اثر را روی پاسخ دارند؛
- ☐ تعیین مقادیر متغیرهایی که بیشترین اثر را روی پاسخ دارند، به گونه‌ای که پاسخ به مقدار اسمی خود نزدیک شود؛
- ☐ تعیین مقادیر متغیرهایی که بیشترین اثر را روی پاسخ دارند، به گونه‌ای که تغییرات در پاسخ کوچک باشد؛
- ☐ تعیین مقادیر متغیرهایی که بیشترین اثر را روی پاسخ دارند، به گونه‌ای که اثرات متغیرهای غیرقابل کنترل حداقل گردد.

۲-۲. کنترل فرایند آماری

کنترل فرایند آماری^۸ یک برنامه بهبود کیفیت مستمر است که با تکیه بر ابزارهای عالی خود و ارتباط موجود بین آنها، مشکل را شناسایی و در صدد کنترل آن برمی‌آید و در انتها نتایج حاصل را منعکس می‌کند. بنابراین کنترل فرایند آماری و به کار بستن ابزارها را نمی‌توان در قالب برنامه و یا پروژه‌ای دانست که خاتمه می‌یابد (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹). «اوکلند» در این زمینه به این مفاهیم اشاره می‌کند (Oakland 1999):

- | | |
|--|-------------|
| ☐ Can we do the job correctly? | Capability |
| ☐ Are we doing the job correctly? | Control |
| ☐ Have we done the job correctly? | Assurance |
| ☐ Could we do the job better? | Improvement |

کنترل فرایند آماری با تأکید بیشتر بر تکنیکها تا استراتژیهای مدیریتی بخش مهمی را از طرح کیفیت جامع یک سازمان تشکیل می‌دهند و بر اساس بهبودی بی‌پایان عمل می‌کند. این تکنیکها بر ابزارهای هفت گانه‌ای استوار هستند که این ابزارها و کاربرد آنها به شرح زیر است (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹; Oakland 1999):

- ☐ برگه کنترل و نمودار تمرکز نقص
- Check Sheet: How often is it done?

⁷ Design Of Experiments (DOE)

⁸ Statistical Process Control (SPC)

وضعیت موجود در فرایند را در ساده‌ترین شکل خود منعکس می‌کند.

□ نمودار پارتو Pareto Chart: Which are the big problems?

مشکلات فعلی فرایند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مسایل اصلی که منجر به بیشترین کاهش در کیفیت شده‌اند، شناسایی می‌شوند.

□ نمودار علت و معلول Cause & Effect Diagram: What Causes the problems?

عوامل بالقوه مشکلات پایه‌ای فرایند استخراج شده و شناسایی می‌گردند. در ادامه با استفاده از طراحی مجدد و تصحیح برگه‌های کنترل بر اساس مشکلات اصلی فرایند و علل بروز مشکل و تجزیه و تحلیل مجدد آنها، مشخصه‌ها و پارامترهایی از فرایند که برای پوشش عوامل بالقوه و کاهش بروز مشکلات قابل کنترل و نظارت هستند، استخراج می‌گردند.

□ هیستوگرام Histogram: What does the variation look like?

رفتار فرایند مورد بررسی قرار می‌گیرد و نمودارهای کنترل پایه‌ریزی می‌گردند.

□ نمودار پراکندگی Scatter Plot: What are the relationship between factors?

اثر متقابل عوامل و پارامترهای فرایند و رفتارهای تعاملی آنها بررسی شده و در نمودارهای کنترل مد نظر قرار می‌گیرند.

□ نمودار کنترل Control Chart: Which variations to control & how?

فرایند را کنترل می‌کنند و در صورت بروز مشکل، تحلیل‌گر را در شناسایی عوامل و برطرف کردن علل بروز مشکل با تکیه بر سوابق و استفاده از ابزارهای شناسایی عوامل (پارتو، علت و معلول) سوق می‌دهد.

همان‌گونه که اشاره شد، تفکر حاکم کنترل فرایند آماری و هدف نهایی آن چیزی جز بهبود کیفیت نیست و به ویژه بهبودی بی‌پایان که حاصل اقدامات مستمر است. بنابراین کنترل فرایند آماری و کاربرد ابزارهای مختلف آن را می‌توان در مراحل مختلف چرخه دمیگ جست‌وجو و ارائه کرد که مبتنی بر طراحی، اجرا، آزمایش، و اقدام است و به‌طور سیستماتیک بهبود را نتیجه می‌دهد (Oakland 1999).

I. طراحی:

□ اهداف بهبود چیست؟

□ خروجی فرایند چه نیازهایی را می‌طلبد؟

II. اجرا:

- فرایند برای بهبود تعریف می گردد.
- جوانب و ابعاد بهبود مشخص می گردد.
- فرایندی که بیشترین فرصت بهبود را دارا است؛ تعیین می گردد.
- هر آنچه در بهبود لازم و ضروری است، ثبت می گردد.
- با استفاده از نمودار علت و معلول، روابط علت و معلولی در فرایند استخراج و تعریف می گردد.
- منابع اصلی جمع آوری اطلاعات فرایند تعیین و فرایند جمع آوری اطلاعات طراحی می گردد.
- کمیته‌ها و اندازه‌گیریهای بخشهای مختلف فرایند تعیین می گردد.
- عوامل بروز انحراف با توجه به سوابق و جلسات طوفان ذهنی شناسایی و تعریف می گردد.

III آزمایش:

- اطلاعات فرایندهای تعیین شده در مراحل قبل جمع آوری می شود.
- پایداری فرایند با استفاده از روشهای مبتنی بر نمودارهای کنترل تعیین می شود.
- در صورت پایداری فرایند، کارایی فرایند تعیین می شود.
- فضاهای نیازمند بهبود در صورت رویارویی با رویدادهای تعریف نشده در مراحل قبل، طی زمان جمع آوری اطلاعات تعیین می شود.
- نمودارهای علت و معلول با افزایش آگاهی ناشی از جمع آوری اطلاعات تصحیح و به‌هنگام می شود.

III اقدام:

- اقدامات اصلاحی مورد نیاز فرایند تعیین می شود.
- روابط علت و معلول و آثار مختلف تکامل می یابد.
- واحدها، بخشها، مدیریتها و ... که مشمول آنالیز، اجرا و مدیریت تغییرات پیشنهادی هستند، شناسایی می گردد.
- بهبودهای آتی با استفاده از نمودارهای پارتو هدف گذاری می شود.

۲-۱-۲. برگه کنترل

برگه کنترل عبارت است از ذخیره یکایک اعداد از جمله سخت‌ترین فعالیتها، در زمان جمع آوری اطلاعات در محیط که تاثیر به سزایی در جمع‌بندی و نتیجه‌گیری در طول بازرسی در کارایی بازرسی خواهد داشت، به علاوه بیان نقصها و موقعیت آنها بر محصول نیز با وجود ممارست زیاد، کاری بس دشوار است.

برگه‌های کنترل در حل این مشکل به خصوص ذخیره اعداد و ارقام در قالب دسته‌بندیهای مختلف، بسیار کارا و مفید واقع می‌گردند، تا جایی که با استفاده از یک علامت این امکان را می‌دهد که اطلاعات طبقه‌بندی شده زیادی ذخیره گردد. به‌طور کلی می‌توان گفت یک برگه کنترل تکمیل شده، گزارشی از فراوانیهای مشاهده شده را در قالب رخدادهای مختلف منعکس می‌کند. در طراحی برگه کنترل ابتدا لازم است تا ابعاد گوناگون که معرف طبقات و سطوح مختلف اطلاعات هستند، مشخص گردد. یک برگه کنترل باید به گونه‌ای طراحی شود که اپراتور را برای تکمیل هدایت کند و با کمترین ورود داده، بیشترین اطلاعات را منعکس نماید و این در حالی است که تمامی جوانب و سطوح مختلف فرایند و آثار آن نیز در این برگه کنترل آورده شده باشد (جدول دو).

برگه کنترل از جمله ابزارهای زیربنایی کنترل فرایند آماری است، چرا که استفاده از سایر ابزارهای کنترل کیفیت آماری و تحلیل توسط آنها منوط به اطلاعات استخراجی از فرایند است که توسط برگه کنترل دسته‌بندی شده و ارائه می‌گردد. مسلماً با وجود برگه کنترل نادرست که در طراحی و معرفی اطلاعات فرایند، ضعف داشته باشد، تحلیل صحیح و معتبری از فرایند به دست نخواهد آمد. برگه کنترل بایستی در فواصل زمانی ثابت و مشخص تکمیل گردد تا شرایط یکسانی بر داده‌های به دست آمده حاکم باشد و امکان ترکیب نتایج و تحلیلها وجود داشته باشد. ...

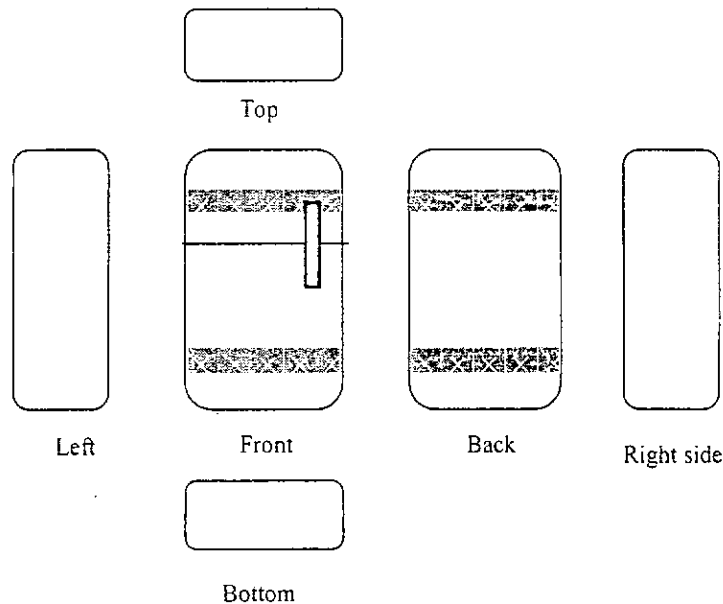
از جمله اطلاعات به دست آمده از برگه‌های کنترل می‌توان به شماره قطعه، شماره عملیات، تاریخ، نام تحلیل‌گر و تکمیل‌کننده اطلاعات، نوع عیب و نقص و فراوانی آنها، مقادیر اندازه‌گیری شده و هر گونه اطلاعاتی که در تعیین علل عملکرد نامطلوب فرایند نقش داشته باشند، اشاره کرد (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹).

جدول ۲. برگه کنترل فرایند پر کردن نوشابه

شماره نمونه	تاریخ	ساعت	کد ایستگاه	کد اپراتور	کد کنترل	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
۱	۱۰/۲۱	۸	۲	۱۰۱۱	۱۰۲۱	۴۹۵	۵۰۷	۵۱۰	۵۰۷	۵۱۵
۲	۱۰/۲۱	۱۱	۲	۱۰۱۱	۱۰۲۳	۴۹۰	۵۰۳	۵۰۹	۴۹۶	۴۹۹
۳	۱۰/۲۱	۱۵	۲	۱۰۱۱	۱۰۲۳	۴۹۳	۵۰۱	۴۹۸	۵۰۲	۵۰۴
۴	۱۰/۲۲	۸	۲	۱۰۱۱	۱۰۲۳	۵۰۸	۵۱۰	۵۱۲	۵۰۳	۵۰۰
۵	۱۰/۲۲	۱۱	۲	۱۰۱۱	۱۰۲۱	۴۹۹	۵۰۱	۵۰۳	۴۹۷	۴۹۹
۶	۱۰/۲۲	۱۵	۲	۱۰۱۱	۱۰۲۳	۵۰۱	۵۰۰	۴۹۳	۴۹۴	۴۹۹
۷	۱۰/۲۳	۸	۲	۱۰۱۲	۱۰۲۱	۵۰۲	۵۰۳	۵۰۹	۵۰۸	۴۹۸
۸	۱۰/۲۳	۱۱	۲	۱۰۱۲	۱۰۲۱	۵۰۲	۵۰۱	۴۹۷	۴۹۵	۵۰۲
۹	۱۰/۲۳	۱۵	۲	۱۰۱۲	۱۰۲۳	۵۰۸	۵۰۶	۵۰۵	۵۱۰	۵۱۲
۱۰	۱۰/۲۴	۸	۲	۱۰۱۲	۱۰۲۳	۵۱۱	۵۱۶	۵۰۸	۵۰۲	۵۰۸
۱۱	۱۰/۲۴	۱۱	۲	۱۰۱۲	۱۰۲۱	۴۹۹	۴۹۴	۵۰۱	۵۰۳	۵۰۵
۱۲	۱۰/۲۴	۱۵	۲	۱۰۱۲	۱۰۲۱	۵۰۰	۴۹۸	۴۹۶	۵۰۱	۵۰۱

۲-۲-۲. نمودار تمرکز نقص

علاوه بر برگه‌های کنترل که اطلاعات بسیار مفیدی را برای تحلیل، تجزیه در اختیار تحلیل‌گر قرار می‌دهد، می‌توان به نمودارهای تمرکز نقص اشاره کرد (شکل دو). هرگاه در نظر باشد اطلاعاتی در مورد مکان و موقعیت صدمات، شکستگی و... وارد بر محصول را ثبت کرد و در ادامه اقدامات اصلاحی مربوطه را انجام داد، از نمودار تمرکز نقص برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده می‌گردد. نمودار تمرکز نقص، نماهای مختلفی از محصول است که تحلیل‌گر برای ثبت اطلاعات با استفاده از این نماها و تنوع رنگی که میزان و چگالی صدمه را بیان می‌کند، اقدام می‌کند. این روش به ویژه در استنتاج‌های کلی، که تحلیل‌گر را برای برنامه‌ریزی و سازماندهی فعالیت‌های بهبود کیفیت یاری می‌کند، موثر است به‌طوری‌که اغلب هدف ثبت و کنترل فرایندهای حمل و نقل و مونتاژ اتوماتیک و... کاربرد فراوانی دارد.



شکل ۲. نمودار تمرکز نقص فرایند حمل و نقل یخچال

نمودار تمرکز نقص را به عنوان یکی از ابزارهای اصلی کنترل فرایند آماری می‌شناسند، و البته از آنجا که ماهیتی مشابه برگه کنترل دارد، در برخی منابع به عنوان طبقه‌ای خاص از برگه‌های کنترل معرفی شده است (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹).

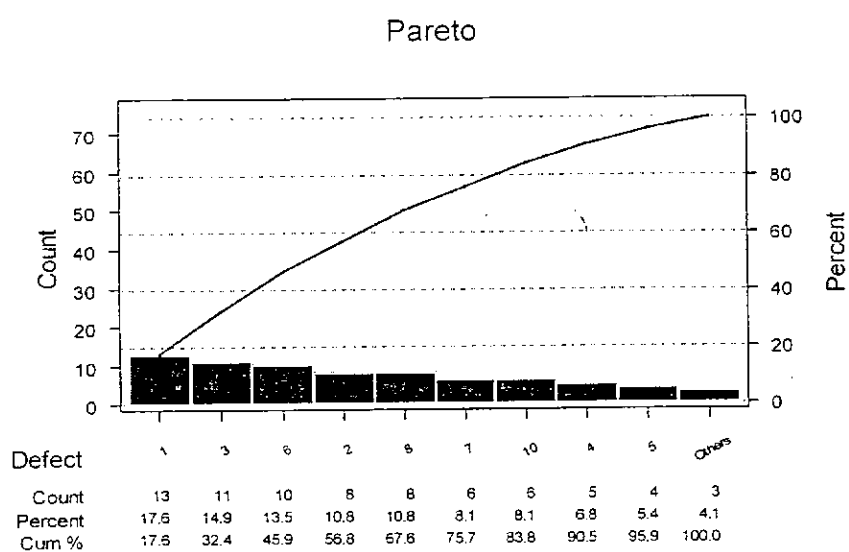
۳-۲-۲. نمودار پارتو

نمودار پارتو در واقع توزیع فراوانی برای داده‌های وصفی است، که بر اساس گروه، طبقه‌بندی شده‌اند. این نمودار شامل دو محور اصلی است؛ محور افقی این نمودار، طبقات مختلف عوامل،

مشخصه‌های مختلف محصول، تنوع تولید و... و محور عمودی درصد و یا فراوانی مشاهده شده را منعکس می‌کند. نحوه قرار گرفتن طبقات مختلف در محور افقی نمودار پارتو که به صورت نزولی براساس کمیت محور عمودی نمودار است، نظر تحلیل‌گر را بر عواملی که بیشتر رویت شده‌اند، بر عواملی که بیشترین خرابی را ناشی شده‌اند، بر عواملی که بیشترین هزینه را ناشی شده‌اند، جلب می‌کند و به این وسیله مدیریت را در شناخت عوامل اصلی و سازماندهی فعالیتها برای بهبود کیفیت یاری می‌نماید (شکل سه).

به بیانی گویاتر، نمودار پارتو ابزار ضروری برای شناخت صحیح هدف بوده و نشان می‌دهد سازمان برای بهبود باید روی چه مسئله و مشکلی تمرکز کند. بنابراین می‌توان ادعا داشت که استفاده از نمودار پارتو، اولین قدم برای بهبود است.

در تجزیه و تحلیل پارتو با توجه به اهدافی که از رسم نمودار دنبال می‌شود، نخست، برگه کنترل مناسب طراحی شده و اطلاعات لازمه جمع‌آوری می‌شوند و سپس نمودار پارتو مربوطه که معرف فراوانی هزینه و... است تهیه می‌گردد. شایان ذکر است که مدت زمانی که صرف جمع‌آوری اطلاعات می‌گردد باید کاملاً معین و مشخص باشد؛ چراکه مقایسه نمودارهای پارتو مختلف، در صورت یکسان بودن زمان جمع‌آوری اطلاعات، امکان‌پذیر و عاری از خطا خواهد بود. البته برای این منظور زمان مشخصی توصیه نمی‌گردد و بر حسب شرایط، می‌تواند این زمان می‌تواند متغیر باشد (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹).

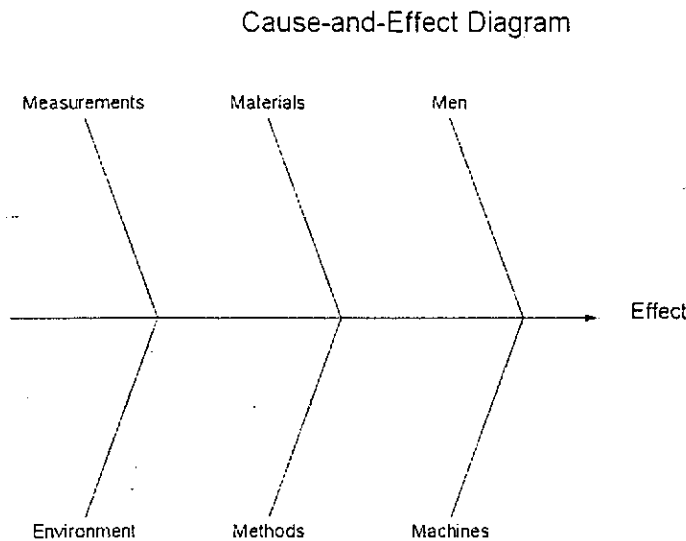


شکل ۳. نمودار پارتو

۴-۲-۲. نمودار علت و معلول

یک علت، مجموعه‌ی شرایطی است که منجر به وقوع یک اثر یا یک نتیجه‌ی خاص می‌شود. آنالیز علت و معلولی، در واقع شناسایی سیستماتیک عوامل بالقوه آثار خاص است. ایشیکاوا با توسعه این مفهوم نمودار علت و معلول را به عنوان یکی از ابزارهای اصلی در جهت بهبود کیفیت معرفی کرده است.

نمودار علت و معلول شامل یک اثر که در بخش سمت راست نمودار، و مجموعه‌ای از علل اصلی حول شاخه‌ها است. هر علت اصلی نیز در طول شاخه مربوطه، به عواملی ریزتر تفکیک شده است. نمودار علت و معلول براساس بررسیها، پرس و جوها و جلسات طوفان مغزی تهیه می‌گردد. به گونه‌ای که ابتدا معلول و یا اثر، در نظر گرفته شده و سپس تمامی عوامل که در ایجاد این اثر دخیل بوده‌اند، شناسایی می‌شوند و پس از طبقه‌بندی، نمودار علت و معلول مربوطه تهیه می‌گردد (شکل ۴).



شکل ۴. ساختار نمودار علت و معلول

همان گونه که ذکر شد، طبقات اصلی عوامل، شاخه‌های اصلی نمودار را تشکیل می‌دهند که در بحث کنترل فرایند و کیفیت شش عمل بالقوه نیز معرفی شده است:

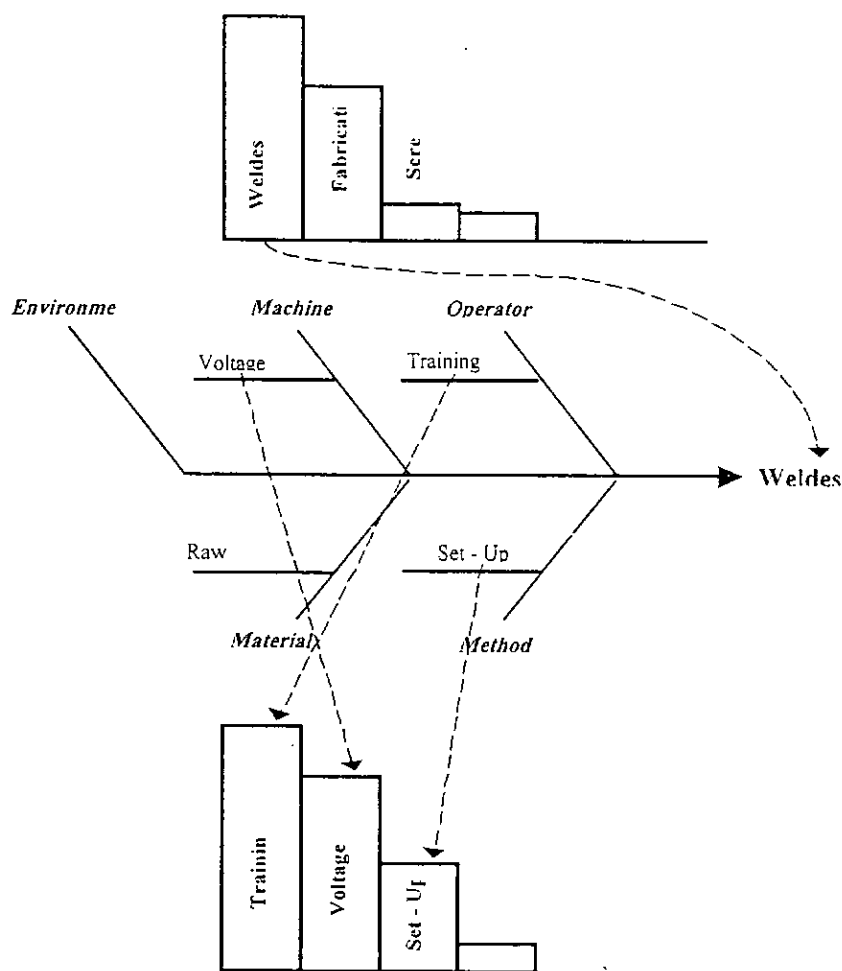
۱. روش انجام کار^۹: تفاوت در روش انجام کار یک فرایند در زمانهای مختلف توسط انسان، ماشین، و

۲. نیروی انسانی^{۱۰}: تفاوت در قابلیت‌های افراد برای انجام کار.

۳. ماشین آلات^{۱۱}: نامناسب بودن ظرفیت ماشین، لرزش، تنظیم ناصحیح و

9 methods
10 men
11 machines

۴. مواد اولیه^{۱۲}: تغییر در خصوصیات مواد، سفارش مجدد مواد اولیه و
۵. شرایط محیطی^{۱۳}: تغییرات شرایط محیط انجام کار، قوانین، سیاستها و
۶. اندازه گیری^{۱۴}: تفاوت در روش اندازه گیری و کنترل، کالیبره نبودن و
- نمودار علت و معلول را می توان به عنوان پایه ای برای شناخت فرایند و آغازی برای کنترل فرایند و بهبود کیفیت در نظر داشت (شکل پنج) (سیمانیان و عصاره. ۱۳۷۹).



شکل ۵. کاربرد تعاملی نمودار پارتو و نمودار علت و معلول در شناسایی راه کارهای اصلی بهبود فرایند

۵-۲-۲. نمودار پراکنندگی (پراکنش)

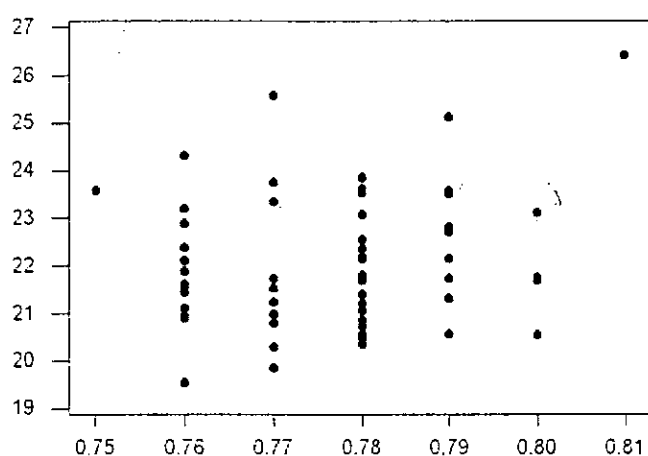
نمودار پراکنش، چگونگی رابطه بالقوه بین دو متغیر را بیان می کند و در واقع وابستگی بین دو متغیر توسط این نمودار به صورت گرافیکی ارائه می شود. مسلماً در استفاده از نمودار پراکنندگی باید توجه داشت که این نمودار بیان گر علت بین دو متغیر نیست؛ چراکه ممکن است متغیر سومی وجود داشته باشد که این متغیرها و یا یکی از آنها، ناشی از آن باشند.

12 materials
13 enviroment
14 measurement

در نمودار پراکنش، متغیر مستقل در محور افقی و متغیر وابسته که توسط تحلیل گر مورد مطالعه قرار گرفته است، بر محور عمودی قرار می گیرد. این نمودار به دلیل سادگی در ایجاد و فهم و در عین حال مطلوبیت بالا از محبوبیت زیادی نزد مدیران برخوردار است؛ چرا که وابستگی و ارتباط دو متغیر را حتی با وجود حجم داده های زیاد، به خوبی منعکس می کند. لازم به توضیح است که نمودارهای پراکندگی، اغلب برای بررسی دو متغیر به کار می روند که در این صورت، نمودار مربوطه دویعدی خواهد بود (شکل شش). گاهی نیز برای بررسی و تجزیه و تحلیل سه متغیر از نمودارهای سه بعدی پراکنش استفاده می شود که پیچیدگی بیشتری دارند.

نمودارهای پراکندگی ایجاد شده با توجه به نحوه قرار گرفتن نقاط در نمودار، نتایج مختلفی درباره نوع رابطه موجود بین متغیر مستقل محور افقی و متغیر وابسته محور عمودی برمی گرداند؛ چه بسا که پس از تهیه نمودار مشخص گردد که هیچ رابطه منطقی بین دو متغیر انتخاب شده وجود ندارد. برخی نتایج حاصل از نمودار پراکنش عبارت اند از:

- وجود یک رابطه خطی که معرف همبستگی مثبت است؛
- وجود یک رابطه خطی معکوس که معرف همبستگی منفی است؛
- وجود یک رابطه غیر خطی که در این صورت مقدار متغیر وابسته رفتارهای مختلفی به ازای مقادیر متغیر مستقل، از خود نشان می دهد (سیمانیان و عصاره، ۱۳۷۹).

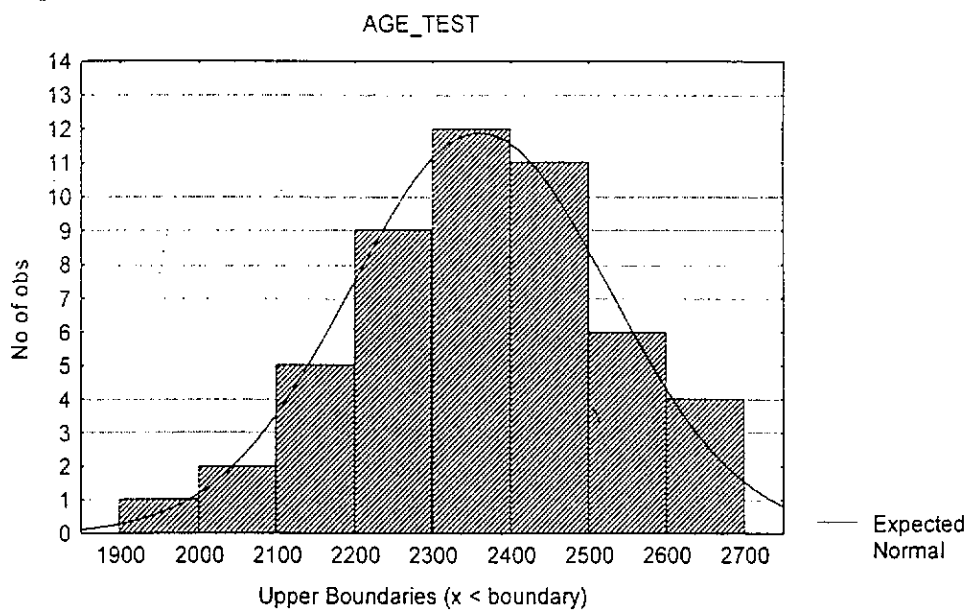


شکل ۶. نمودار پراکندگی دو متغیر

۲-۲-۶. هیستوگرام

هیستوگرام به عنوان مرسوم ترین ابزار گرافیکی برای ارائه داده‌ها به کار می‌رود. در هیستوگرام میزان پراکندگی داده‌ها در یک بعد و مقدار فراوانی مشاهدات مختلف در اندازه‌های مختلف در بعدی دیگر ارائه می‌گردد. محور افقی هیستوگرام که در برگیرنده مقدار مشاهدات است، به چند بخش و دسته تقسیم‌بندی می‌شود؛ و محور عمودی هیستوگرام معرف فراوانی مشاهدات به ازای طبقات و دسته‌های مشخص شده خواهد بود. به منظور ایجاد یک هیستوگرام، ابتدا لازم است که دسته‌ها و طبقات مختلف تعریف شوند که معمولاً بین ۴ تا ۲۰ دسته توصیه می‌گردد و سپس فراوانی هر دسته شمارش شده و میله‌ای که نشان دهنده این مقدار فراوانی است طراحی شده و بر دسته و طبقه خود قرار می‌گیرد (شکل هفت).

از جمله قابلیت‌های بالای هیستوگرام توان گرافیکی در تولید اطلاعات است، که در مقایسه با برگه‌های کنترل و سایر روشهای جدولی ارائه داده‌ها، کاربرد وسیع تری دارد. بدون آنکه ابعاد مختلفی در هیستوگرام برای ارائه اطلاعات به کار رفته باشد و تنها با تکیه بر طبقه‌بندی و دامنه‌های مختلف عددی، هیستوگرام شکل یافته و رفتار فرایند تولید نشان داده می‌شود.



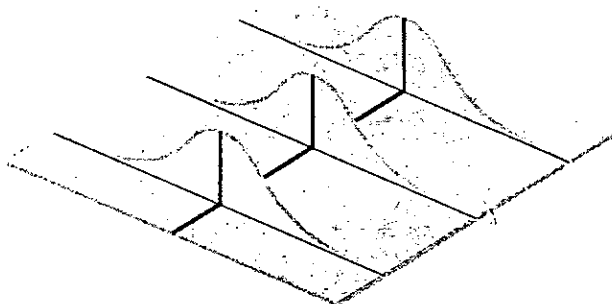
شکل ۲. نمودار فراوانی

نتایج حاصل از هیستوگرام را می‌توان شکل توزیع که فرایند از آن تبعیت می‌کند، مکان و یا تمایل مرکزی توزیع که معرف متوسط مشخصه کیفی فرایند است، پراکندگی یا گسترش توزیع که انحراف معیار و حدود تفرانس طبیعی فرایند را بیان می‌کند و مقادیر بیشینه و کمینه که دامنه فرایند را منعکس می‌کند، برشمرد. باید توجه داشت که برای ایجاد هیستوگرام لازم است مشاهداتی به اندازه

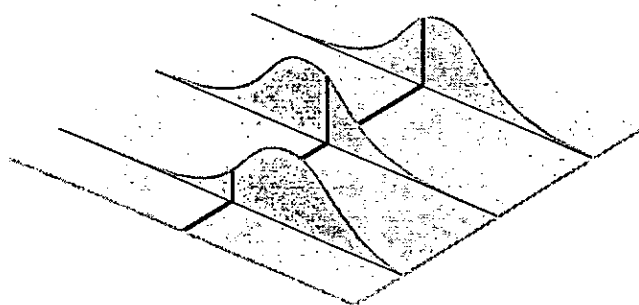
کافی (بیش از ۵۰ مشاهده) جمع شود تا بتوان رفتار فرایند را تخمین زد و در مورد آن قضاوت کرد و در این صورت نتایج اعلان شده دارای ثبات و استحکام است (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹).

۲-۲-۷. نمودارهای کنترل

در هر فرایند تولیدی، علی‌رغم طراحی خوب و دقت نگهداری تجهیزات، همیشه تغییرات طبیعی وجود دارد. این تغییرات ذاتی و طبیعی فرایند که می‌توان آنها را اغتشاش نامید، نتیجه تجمع علل کوچک و غیرقابل اجتناب فرایند هستند. هرگاه این اغتشاشات در فرایندی تقریباً کوچک باشند، عملکرد فرایند قابل قبول و مناسب محسوب می‌گردد. در دیدگاه کنترل کیفیت آماری، این چنین تغییرات طبیعی را سیستم پایدار علل تصادفی می‌نامند و هر فرایندی که فقط با حضور علل تصادفی کار می‌کند، تحت کنترل آماری خواهد بود. گاهی ممکن است انحرافات دیگری در خروجی فرایند پدیدار شوند. این انحرافات در ویژگیهای کلیدی خروجی ممکن است ناشی از سه منبع اصلی باشند: عدم تنظیم مناسب ماشین، خطای اپراتور، و/یا مواد اولیه نامرغوب. این انحرافات در مقایسه با اغتشاشها و انحرافات ذاتی فرایند، بزرگ‌تر هستند و منجر به افت سطح عملکرد فرایند و عدم پذیرش آن می‌گردند. این گونه انحرافات در مقابل علل تصادفی، علل اصلی و انحرافات با دلیل خوانده می‌شوند. فرایندی که با حضور انحرافات با دلیل عمل می‌کند، خارج از کنترل شمرده می‌شود (شکل‌های هشت و نه).



شکل ۸. فرایند تحت کنترل با حضور انحرافات تصادفی



شکل ۹. فرایند خارج از کنترل با حضور انحرافات با دلیل

فرایندهای تولیدی غالباً در شرایط تحت کنترل کار می‌کنند و محصولات قابل قبول را طی دوره‌های زمانی زیاد تولید می‌کنند. با این وجود، با بروز علل اصلی، فرایند دچار انحراف شدید می‌شود و خارج از کنترل خواهد شد و درصد زیادی از خروجی فرایند با نیازها و مشخصه‌های لازم منطبق نخواهند بود (مونتگومری ۱۹۹۱-۱۹۹۶).

هدف اصلی کنترل فرایند آماری پی‌بردن سریع به وجود انحرافات با دلیل یا تغییرات در فرایند است. پیش از آنکه تعداد زیادی محصول معیوب تولید شود، علل ایجاد چنین انحرافات، بررسی و اقدامات اصلاحی مربوطه انجام گیرد. ابزاری که برای شناخت تغییرات و انحرافات با دلیل در کنترل فرایند آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمودار کنترل است. نمودارهای کنترل همچنین در تخمین پارامترهای فرایند تولیدی به کار رفته و بر اساس اطلاعات به دست آمده کارایی و ظرفیت فرایند را منعکس می‌کنند. همچنین این نمودارها، اطلاعات مفیدی را در راستای بهبود فرایند تأمین می‌کنند و در آخر به یاد داشته باشیم که هدف اصلی کنترل فرایند آماری، حذف انحراف در فرایند است. اگر چه انحراف را نمی‌توان کاملاً حذف کرد، اما نمودارهای کنترل ما را در کاهش هرچه بیشتر آن یاری می‌کنند.

یک نمودار کنترل مشخصه‌های کیفی را که بر اساس اطلاعات نمونه، اندازه‌گیری یا محاسبه شده‌اند، بر حسب شماره نمونه و زمان نشان می‌دهد. نمودار کنترل شامل یک حد مرکز^{۱۵} است که مقدار متوسط مشخصه کیفی را در حالت تحت کنترل نشان می‌دهد. به عبارت دیگر مرحله‌ای از فرایند را نشان می‌دهد که فقط انحرافات تصادفی حضور دارند. نمودار کنترل علاوه بر CL دارای دو خط افقی به نامهای حد کنترل بالا^{۱۶} و حد کنترل پایین^{۱۷} است. این حدود کنترل به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که اگر فرایند تحت کنترل باشد، آنگاه تقریباً تمامی نقاطی که بر اساس اطلاعات نمونه محاسبه شده‌اند، بین این حدود واقع می‌شوند. تا زمانی که نقاط بین حدود کنترل قرار می‌گیرند، فرض می‌شود، که فرایند تحت کنترل است و نیازی به فعالیتهای اصلاحی ندارد. اگر نقطه‌ای خارج از حدود کنترل رسم شود، نتیجه‌گیری می‌شود که فرایند در شرایط خارج از کنترل به سر می‌برد و اقدامات اصلاحی نیاز است تا منبع ایجاد انحراف یا انحرافات با دلیل تعیین و حذف گردد (مونتگومری ۱۹۹۱-۱۹۹۶).

مطابق آنچه که گفته شد، کاملاً واضح است که رابطه بسیار نزدیکی بین نمودارهای کنترل و آزمون فرضیه وجود دارد و از دیدگاه نظری و ریاضی نمودار کنترل یک آزمون فرضیه پیوسته و

15 Center Limit (CL)

16 Upper Control Limit (UCL)

17 Lower Control Limit (UCL)

دنباله‌دار است که به منظور بررسی شرایط تحت کنترل بدون فرایند از لحاظ آماری استفاده می‌گردد. بنابراین در نمودارهای کنترل خطاهای نوع I,II قابل تعریف بوده و می‌توان از منحنی OC برای شناسایی توانایی و رفتار نمودار کنترل در برابر تشخیص وجود تغییرات مختلف اشاره کرد. (سیمانیان و عصاره. ۱۳۷۹)

علاوه بر منحنی OC، عملکرد نمودارهای کنترل کیفیت را می‌توان به وسیله متوسط طول دنباله^{۱۸} ارزیابی کرد. ARL متوسط تعداد نمونه‌های گرفته شده و منتقل شده بر نمودار است تا قبل از آنکه نمودار حالت خارج از کنترل اعلان نماید (مونتگومری ۱۹۹۱-۱۹۹۶). اگر فرضیه خنثی تحت کنترل بودن فرایند صحیح باشد، ARL تعداد نقاط صحیح و نمونه‌های گرفته شده را قبل از بروز خطای نوع اول نشان می‌دهد. از سوی دیگر، اگر انحرافی ایجاد شده باشد و فرضیه مقابل خارج از کنترل بودن فرایند صحیح باشد، ARL، تعداد نقاطی را معرفی می‌کند که به اشتباه فرایند را تحت کنترل توصیف می‌کنند، پیش از آنکه یک نقطه صحیح خارج از کنترل که بیان‌گر وجود انحراف در فرایند است، روی می‌دهد (Kolarik 1999).

اساس کار محاسباتی نمودارهای کنترل و تفکر جاری بر آنها ابتدا توسط دکتر «والتر شوهارت»^{۱۹} در سال ۱۹۲۴ ارائه شد. مدل عمومی نمودارهای کنترل «شوهارت» ساختاری ساده و ویژگیهای خاص را دارا بوده‌اند و لذا در برخی از فرایندها و در شرایط مختلف کارایی لازم را برای کنترل تغییرات فرایند نداشتند؛ بنابراین در ادامه، نمودارهای کنترل دیگری توسط دانشمندان کیفیت برای تکمیل و رفع تواقص مدلهای عمومی «شوهارت» ارائه شدند که گاهی ساختاری مشابه با نمودارهای کنترل «شوهارت» و گاهی نیز مدلی مجزا از مدل عمومی «شوهارت» را دارا هستند. تمامی نمودارهای کنترل را از جنبه نوع داده و اطلاعاتی که از فرایند برای ایجاد نمودار کنترل به دست می‌آید، اعم از اینکه مشخصه کیفی تحت کنترل، قابل اندازه‌گیری و یا غیرقابل اندازه‌گیری باشد، به دو دسته نمودارهای کنترل مشخصه‌های کیفی متغیر و نمودارهای کنترل مشخصه‌های کیفی وصفی تقسیم‌بندی می‌کنند. شایان ذکر است که علل استفاده از نمودارهای متغیر و یا وصفی علاوه بر نوع فرایند و مشخصه کیفی، بستگی به میزان دقت کنترل مورد نظر، تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و مراحل فرایند دارد (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹)

علاوه بر تقسیم‌بندی محوری فوق، نمودارهای کنترل با توجه به ویژگیهای نمونه و ابعاد کیفی مؤثر بر یکدیگر طبقه‌بندی شده و توسعه یافته‌اند. در این راستا علاوه بر نمودارهای کنترل معمول برای

18 Average Run Length (ARL)

19 Dr. Walter Shewhart

داده‌های مستقل از یکدیگر، نمودارهای کنترلی که مفهوم خودهمبستگی^{۲۰} داده‌ها و نمونه‌های گرفته شده را در خود جای داده و فرایندهای مربوط به درستی تفسیر می‌کنند ارائه شده‌اند و به ویژه به دلیل خودهمبستگی موجود و طبیعی فرایندهای تولیدی انعطاف‌ناپذیر، مدل‌های مختلف تعریف شده و به کار می‌روند. همچنین نمودارهای کنترل با در نظر گرفتن اثر مشخصه‌های کیفی بر صحت، مطلوبیت، و انطباق محصول با مشخصه‌های تعیین شده، تعمیم یافته‌اند و نمودارهای کنترل چند متغیره‌ای تعریف شده‌اند که همزمان بیش از یک مشخصه کیفی متغیر را بررسی و خروجی واقعی فرایند را کنترل می‌کنند (Kolarik 1999).

۸-۲-۲. نمودارهای کنترل «شوهارت»

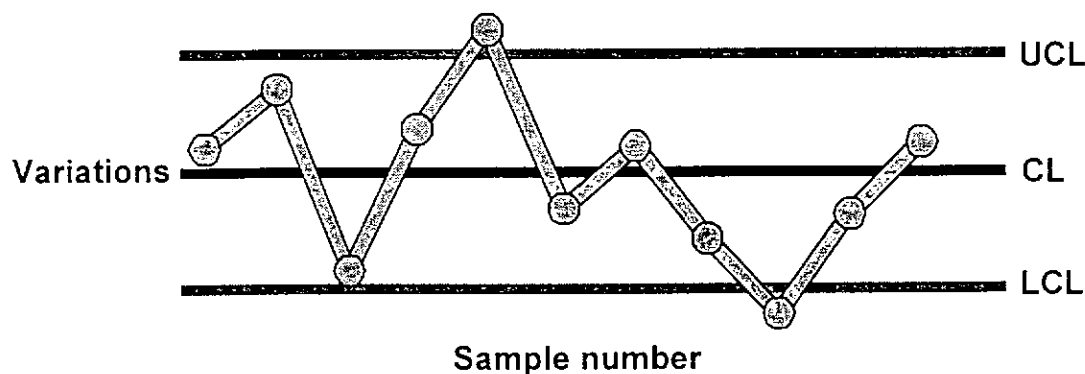
نمودارهای کنترل «شوهارت»، مجموعه نمودارهایی هستند که توسط وی برای کنترل آماری فرایند ارائه شده‌اند. مدل عمومی این نمودارها با در نظر گرفتن نوع توزیعی که فرایند از آن تبعیت می‌کند و با در نظر گرفتن پارامترهای میانگین و انحراف معیار فرایند به صورت زیر است (شکلهای ۱۰ و ۱۱):

$$UCL = \mu + k\sigma$$

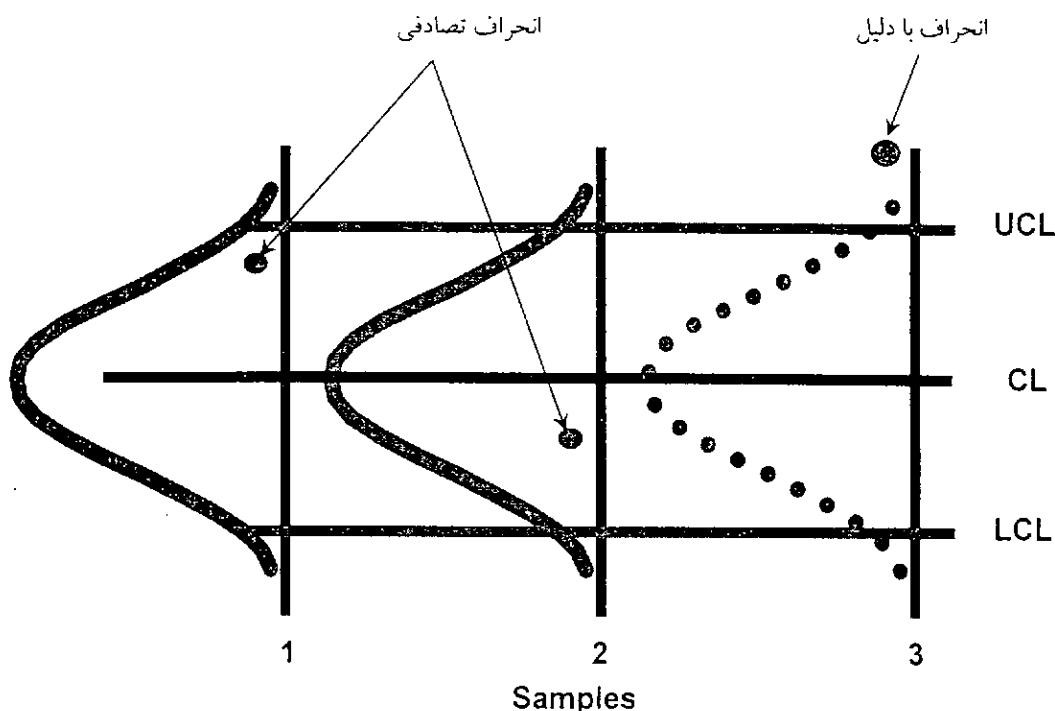
$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - k\sigma$$

مقدار k فاصله حدود کنترل از خط مرکز را بر حسب انحراف معیار نشان می‌دهد که این مقدار معمولاً $k=3$ در نظر گرفته می‌شود. البته می‌توان با در نظر گرفتن مقدار خطای نوع اول مقدار k را محاسبه و جایگزین کرد که در این صورت حدود به دست آمده حدود احتمال نام خواهند داشت.



شکل ۱۰. اجزا و نمای نمودار کنترل



شکل ۱۱. نمودار کنترل و انحرافات نمونه‌ها

از ویژگیهای نمودارهای کنترل «شوهارت» می‌توان به سادگی در ایجاد، فهم و آنالیز، حساسیت بالا در قبال تغییرات بزرگ در فرایند، غیرحساس نسبت به تغییرات کوچک فرایند، مستقل گرفتن نمونه‌ها، تجزیه و تحلیل آخرین نمونه گرفته شده به تنهایی و اثر منفی توزیعهای غیر نرمال در تجزیه و تحلیل صحیح نمودار کنترل ایجاد شده، اشاره کرد. با توجه به ویژگیهای ذکر شده، نمودارهای «شوهارت» در عمل نسبت به سایر نمودارها مقدم بوده و در گستره وسیعی از فرایندها کاربرد عمومی دارند. این مدل عمومی، برای فرایندهای مختلف و مشخصه‌های کیفی گوناگون بسط داده و ارائه شده‌اند که در ادامه خواهند آمد (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹):

۲-۸-۱. نمودار کنترل «شوهارت» برای مشخصه‌های کیفی وصفی

نمودار کنترل نسبت اقلام معیوب P . این نمودار برای کنترل نسبت اقلام معیوب فرایند استفاده می‌شود. اصول آماری نمودار P بر توزیع بینم استوار و مدل آن به صورت زیر است:

$$UCL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$CL = p$$

$$LCL = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

نمودار کنترل تعداد اقلام معیوب nP . این امکان وجود دارد که بتوان نمودار کنترل را به جای نسبت اقلام معیوب بر اساس تعداد اقلام معیوب تهیه کرد. چنین نموداری، نمودار کنترل nP نامیده می‌شود. اجزای این نمودار به صورت زیر است:

$$UCL = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$CL = p$$

$$LCL = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

نمودار کنترل تعداد نقصها C . نمودار کنترلی که برای کنترل تعداد نقصها در یک واحد بازرسی استفاده می‌شود را نمودار کنترل C می‌نامند. این نمودار بر توزیع بواسان استوار و مدل آن به صورت زیر است:

$$UCL = c + 3\sqrt{c}$$

$$CL = c$$

$$LCL = c - 3\sqrt{c}$$

نمودار کنترل تعداد نقصها U . در عمل ممکن است که کنترل تعداد نقصها با متغیر بودن اندازه نمونه مراجعه گردد و یا لازم باشد، نمودار کنترلی براساس اندازه نمونه طراحی گردد. در این صورت از نمودار کنترل U با مدل زیر استفاده می‌کنند.

$$UCL = u + 3\sqrt{\frac{u}{n}}$$

$$CL = u$$

$$LCL = u - 3\sqrt{\frac{u}{n}}$$

۲-۸-۲-۲. نمودارهای کنترلی «شوهارت» برای مشخصه‌های کیفی متغیر

نمودارهای کنترل $\bar{X}$ و R . نمودار $\bar{X}$ ، برای کنترل میانگین فرایند از طریق مشخصه کیفی مورد مطالعه استفاده می‌شود. این نمودار برای مشخصه‌هایی استفاده می‌شود که از توزیع نرمال یا با توجه به قضیه حد مرکزی از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. اجزای این نمودار عبارت‌اند از:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$CL = \bar{\bar{X}}$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

برای تخمین انحراف معیار از دامنه نمونه‌ها استفاده می‌شود و ضرایب نیز با توجه به اندازه نمونه از جداول مربوطه استخراج می‌گردند. در کنترل مشخصه‌های کیفی متغیر فرایند، علاوه بر کنترل میانگین، لازم است که میزان انحراف معیار به‌طور موازی و مداوم با میانگین تحت نظارت و کنترل قرار گیرد. بدین منظور از نمودار کنترل R استفاده می‌شود که بر پایه دامنه‌های نمونه‌های به‌دست آمده از فرایند تهیه می‌گردد. اجزای نمودار کنترل تغییرپذیری فرایند R عبارت‌اند از:

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

$$CL = \bar{R}$$

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

نمودارهای کنترل تغییرپذیری S و S^2 . اگر چه نمودارهای کنترل $\bar{X}$ و R در کنترل فرایندها کاربرد زیادی دارد، ولی برخی مواقع ترجیح داده می‌شود که انحراف معیار فرایند، به‌طور مستقیم تخمین زده شود. در چنین مواقعی از نمودارهای کنترل $\bar{X}$ و S و یا نمودارهای کنترل $\bar{X}$ و S^2 استفاده می‌شود. در این صورت مدل عمومی نمودارها با توجه به جایگزینی S و S^2 اصلاح می‌گردد.

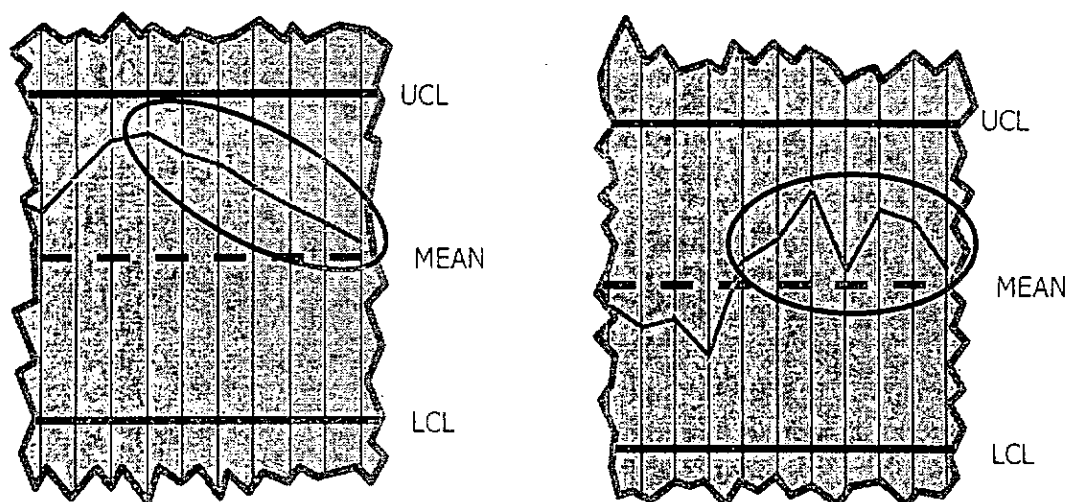
نمودار کنترل مشاهدات انفرادی I و MR. در بسیاری از موارد به دلیل ویژگیهای فرایند، از اندازه نمونه $n=1$ استفاده می‌شود و یا به عبارتی دیگر، نمونه فقط شامل یک واحد محصول است. در چنین شرایطی برای کنترل تغییرپذیری فرایند و تخمین انحراف معیار از دامنه متحرک دو مشاهده متوالی استفاده می‌شود.

۲-۳. قوانین حساس‌سازی^{۲۱}

یک نمودار کنترل ممکن است از طریق رسم یک یا چند نقطه خارج از حدود کنترل یا وجود یک روند غیر تصادفی، حالت خارج از کنترل را نشان دهد، چرا که اگر نقاط واقعاً به‌صورت تصادفی انتخاب شوند، آنگاه انتظار هیچ‌گونه روندی را نباید داشت. مشکل اصلی در نمودارهای کنترل، به‌ویژه نمودارهای کنترل «شوهارت» به دلیل ویژگیهای این نمودار و نحوه تشکیل آنها، تشخیص روندهای غیر تصادفی است. به این منظور معیارهای مختلفی برای شناسایی حالت خارج از کنترل نمودارهای کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۲). این معیارها منجر به حساس نمودن نمودارهای کنترل «شوهارت» در پی بردن به تغییرات و انحرافات کوچک فرایند می‌شوند. به این

معیارها، قوانین حساس سازی و یا آزمونهای دنباله^{۲۲} اطلاق می شود. این قوانین متنوع و هر یک حساسیت خاصی را دارا هستند که البته در عمل نیز ممکن است ترکیبی از این قوانین به منظور افزایش حساسیت نمودار کنترل استفاده شود. برخی از قوانین و آزمونها به شرح زیر هستند:

- یک یا چند نقطه خارج از حدود کنترل
- هفت نقطه متوالی در یک طرف خط مرکز
- سه نقطه متوالی در خارج از یک انحراف معیار در بالای خط مرکز و یا در پایین آن
- چهار از پنج نقطه متوالی خارج از حدود یک انحراف معیار در بالای خط مرکز و یا در پایین آن
- پانزده نقطه متوالی در فاصله یک انحراف معیار در بالا و پایین خط مرکز
- چهارده نقطه متوالی با روند صعودی و نزولی پی در پی
- شش نقطه متوالی با روند صعودی و یا نزولی (سیمانیان و عصاره ۱۳۷۹).



شکل ۱۲. روندهای خارج از کنترل

۳. نمایه‌سازی گزارشها و نقشه‌های طرحهای عمرانی

فرایند نمایه‌سازی گزارشها و نقشه‌های طرحهای عمرانی از لحاظ منطقی با دریافت یکی از این دو نوع مدرک آغاز و با تولید نمایه آنها پایان می‌یابد. اطلاعاتی که در پایان این فرایند حاصل می‌شود شامل اقلامی است که به تفکیک نوع مدارک در جدولهای سه و چهار آمده‌اند.

جدول ۳. اقلام اطلاعاتی نمایه‌سازی گزارش طرحهای عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	ردیف	اقلام اطلاعاتی
۱	شماره کنترل	۱۳	زبان مدرک
۲	شماره کاربرگه	۱۴	خلاصه به زبان ...
۳	طبقه‌بندی موضوعی	۱۵	سلسله انتشارات
۴	نمایه‌ساز	۱۶	شماره گزارش / پروژه
۵	گزارش و پروژه	۱۷	شماره قرارداد / پیمان
۶	سرشناسه	۱۸	شماره استاندارد
۷	عنوان	۱۹	منبع
۸	عنوان لاتین	۲۰	یادداشت تکمیلی
۹	شرح پدیدآور	۲۱	دسترس‌پذیری
۱۰	شناسه افزوده	۲۲	کلیدواژه
۱۱	وضعیت نشر	۲۳	ارجاع
۱۲	مشخصات ظاهری		

جدول ۴. اقلام اطلاعاتی نمایه‌سازی نقشه طرح‌های عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	ردیف	اقلام اطلاعاتی
۱	شماره کنترل	۱۳	زبان مدرک
۲	شماره کاربرگه	۱۴	خلاصه به زبان ...
۳	طبقه‌بندی موضوعی	۱۵	سلسله انتشارات
۴	نمایه‌ساز	۱۶	شماره نقشه / طراحی
۵	گزارش و پروژه	۱۷	شماره قرارداد/ پیمان
۶	سرشناسه	۱۸	شماره استاندارد
۷	عنوان	۱۹	منبع
۸	عنوان لاتین	۲۰	یادداشت تکمیلی
۹	شرح بدیدآور	۲۱	دسترس‌پذیری
۱۰	شناسه افزوده	۲۲	کلیدواژه
۱۱	وضعیت نشر	۲۳	ارجاع
۱۲	برساخت (مشخصات ظاهری)		

۱-۳. خصوصیات فرایند نمایه‌سازی

فرایند نمایه‌سازی و تهیه کاربرگه نمایه برای گزارشها و نقشه‌های پروژه‌های عمرانی با توجه به ویژگیهای فعالیتهای عمرانی و همچنین اقدامات مورد نیاز برای نمایه‌سازی دارای خصوصیات زیر است:

- مستمر بودن. حجم اولیه اسناد و مدارک عمرانی خاتمه یافته و همچنین دامنه گسترده فعالیتهای عمرانی مبین استمرار تهیه و تولید گزارشها و نقشه‌های عمرانی است که طی آن به‌هنگام شدن و توسعه ارائه خدمات اطلاعاتی عمرانی و مستمر بودن فرایند نمایه‌سازی را ضرورت می‌بخشد.
- محور بودن نیروی انسانی. تهیه نمایه و تکمیل کاربرگه نمایه‌سازی برای اسناد و مدارک عمرانی نیازمند بررسی کلی و جزئی آنها توسط فرد نمایه‌ساز بوده و طی آن نیز نمایه‌ساز با تعریف و طبقه‌بندی مناسب محتویات سند و پردازش و جمع‌بندی مطالب نمایه را تکمیل می‌کند. بنابراین نیروی انسانی در فرایند نمایه‌سازی دارای نقش محوری است.
- دانش محوری. نحوه نگارش و استانداردهای نمایه‌سازی و همچنین تنوع اسناد و مدارک وجود پشتوانه علمی و اطلاعاتی مناسبی برای نمایه‌ساز را ایجاب می‌کند تا به این وسیله فرایند نمایه‌سازی و نمایه‌های ایجاد شده به عنوان انعکاس دهنده مجموعه دانش و اطلاعات فعالیتهای عمرانی دارای اعتبار لازم و کافی باشند.

□ ضرورت آموزش. تحولات استانداردهای نمایه‌سازی و طبقه‌بندی اسناد و همچنین توسعه اطلاعات، مفاهیم و اصطلاحات حوزه‌های علم نظری و کاربردی مختلف، امر آموزش و به‌هنگام سازی اطلاعات مورد نیاز نمایه‌ساز را در تهیه نمایه و طبقه‌بندی اسناد و مدارک علمی ضرورت بخشیده و به عنوان فرایندی مستمر، اثربخشی و اعتبار سیستم نمایه‌سازی را ارتقا می‌دهد.

۴. سیستم کنترل کیفیت - کنترل فرایند آماری

ویژگی مستمر بودن فرایند نمایه سازی و همچنین اهداف ترقی جویانه مدیریت در ارائه خدمات اطلاع رسانی، وجود یک سیستم کنترل کیفیت پویا و بهبود دهنده را ضرورت می بخشد. بنابراین مدیریت به طراحی سیستم کنترل فرایند آماری مشتمل بر ابزارهای خود و با دارا بودن ویژگیهایی پیش از این ذکر آنها رفت، رهنمون می شود. برخی ویژگیهای سیستم کنترل فرایند آماری عبارت اند از:

- ☐ پویایی و استمرار سیستم؛
- ☐ پایداری فرایند؛
- ☐ کاهش تغییرپذیری؛
- ☐ افزایش کارایی و اثربخشی؛
- ☐ شناسایی و تجزیه و تحلیل انحرافات؛
- ☐ شناسایی علل انحرافات؛
- ☐ طبقه بندی علل انحرافات.

برای کنترل فرایند نمایه سازی از مفهوم نقص به عنوان شاخص اندازه گیری صحت و کیفیت خروجی فرایند استفاده و طی آن نقصهای مشاهده شده رتبه بندی می شوند. در ادامه برگه کنترل و نمودار کنترل مربوطه طراحی و معرفی می شوند.

۴-۱. نمودار کنترل نقصها - فرایند نمایه سازی گزارش طرحهای عمرانی

طراحی نمودار کنترل نقصها و تعیین پارمترهای آن بر اساس برآوردهای انجام شده درباره فرایند صورت می گیرد. فرایند نمایه سازی گزارشهای عمرانی دارای پیش فرضها و پارامترهایی به شرح جدول پنج است:

جدول ۵. پیش‌فرضها و پارامترهای فرایند نمایه‌سازی گزارشات طرحهای عمرانی

تعداد گزارشات ورودی برای نمایه‌سازی (سالانه)	۱۰۰۰۰ گزارش
مدت زمان تهیه نمایه برای یک گزارش	۴۰ دقیقه
تعداد پرسنل برای نمایه‌سازی	۵ نفر
ساعت کار روزانه	۸ ساعت
حداکثر تعداد نمایه تهیه شده سال اول	۱۵۰۰۰ نمایه
نسبت افزایش تعداد گزارش ورودی در سال بعدی	۱۰ درصد
افزایش نسبی تعداد پرسنل نمایه‌ساز با توجه به افزایش تعداد گزارشهای ورودی طی سالهای آتی	

اقلام اطلاعاتی در کاربرگه نمایه‌سازی گزارشها که محل بروز نقص هستند، درجه اهمیت متفاوت دارند و بر حسب مورد می‌توانند منجر به معیوب شدن یا با وجود نقص منجر به پذیرش نمایه تهیه شده شوند. اقلام اطلاعاتی و خصوصیات آنها در جدول شش ارائه شده‌اند.

جدول ۶. اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا تعداد نقص بیش از حد پذیرش، نمایه را باطل می‌کند؟			آیا تعداد نقص بیش از حد پذیرش، نمایه را باطل می‌کند؟		
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	شماره کنترل	•					
۲	شماره کاربرگه	•					
۳	طبقه‌بندی موضوعی	•					
۴	نمایه‌ساز			•	•	•	
۵	گزارش و پروژه			•	•	•	
۶	سرشناسه			•	•		
۷	عنوان	•					
۸	عنوان لاتین			•	•	•	
۹	شرح پدیدآور			•	•	•	
۱۰	شناسه افزوده			•	•	•	
۱۱	وضعیت نشر			•	•	•	
۱۲	مشخصات ظاهری	•	•				
۱۳	زبان مدرک			•	•	•	
۱۴	خلاصه به زبان ...			•	•	•	
۱۵	سلسله انتشارات			•	•	•	
۱۶	شماره گزارش / پروژه			•	•	•	
۱۷	شماره قرارداد / پیمان			•	•	•	
۱۸	شماره استاندارد			•	•	•	
۱۹	منبع			•	•	•	
۲۰	یادداشت تکمیلی			•	•	•	
۲۱	دسترس پذیری			•	•	•	
۲۲	کلیدواژه	•	•				
۲۳	ارجاع			•	•	•	

با توجه به جدول فوق مجموعه اقلام اطلاعاتی از نظر اهمیت در معتبر بودن نمایه حاصله به چهار دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

۱. گروه اول. اقلام اطلاعاتی اجباری کاربرگه نمایه که نمایه‌ساز می‌باید به‌طور صحیح آنها را تکمیل نموده و در صورت دارا بودن نقص منجر به ابطال نمایه می‌شوند (جدول هفت).

جدول ۷. اقلام اطلاعاتی گروه اول کاربرگه نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟			آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟		
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	شماره کنترل	●					
۲	شماره کاربرگه	●					
۳	طبقه‌بندی موضوعی	●					
۴	عنوان	●					
۵	مشخصات ظاهری	●					
۶	کلیدواژه	●					

۲. گروه دوم. اقلام اطلاعاتی اختیاری کاربرگه نمایه که نمایه‌ساز بر اساس گزارش طرح عمرانی مربوطه می‌تواند آنها را تکمیل نماید. این اقلام با دارا بودن نقص منجر به ابطال نمایه شده و نمی‌توان نمایه‌ای منقوص به اقلام فوق را پذیرش نمود (جدول هشت).

جدول ۸. اقلام اطلاعاتی گروه دوم کاربرگه نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟			آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟		
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	شناسه افزوده			●	●		
۲	شماره گزارش / پروژه			●	●		

۳. گروه سوم. اقلام اطلاعاتی اختیاری کاربرگه نمایه که نمایه ساز بر اساس گزارش طرح عمرانی مربوطه می تواند آنها را تکمیل نماید. این اقلام با دارا بودن نقص منجر به ابطال نمایه شده ولی می توان نمایه ای منقوص به اقلام فوق را پذیرش نمود (جدول نه).

جدول ۹. اقلام اطلاعاتی گروه سوم کاربرگه نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می کند؟			آیا بروز نقص، نمایه را باطل می کند؟		آیا با دارا بودن نقص، قابل قبول است؟
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	سرشناسه			●	●		●
۲	شماره قرارداد/ پیمان			●	●		●

۴. گروه چهارم. اقلام اطلاعاتی اختیاری کاربرگه نمایه که نمایه ساز بر اساس گزارش طرح عمرانی مربوطه می تواند آنها را تکمیل نماید. این اقلام با دارا بودن نقص منجر به ابطال نمایه نشده و می توان نمایه ای منقوص به اقلام فوق را پذیرش نمود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. اقلام اطلاعاتی گروه چهارم کاربرگه نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟			آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟		
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	نمایه‌ساز			●	●	●	
۲	گزارش و پروژه			●	●	●	
۳	عنوان لاتین			●	●	●	
۴	شرح پدیدآور			●	●	●	
۵	وضعیت نشر			●	●	●	
۶	زبان مدرک			●	●	●	
۷	خلاصه به زبان ...			●	●	●	
۸	سلسله انتشارات			●	●	●	
۹	شماره استاندارد			●	●	●	
۱۰	منبع			●	●	●	
۱۱	یادداشت تکمیلی			●	●	●	
۱۲	دسترس‌پذیری			●	●	●	
۱۳	ارجاع			●	●	●	

برای ترکیب تعداد نقصهای مشاهده شده در یک کاربرگه و بررسی آنها در یک نمودار کنترل تعداد نقص، از ضریب وزنی متناسب به نقش هر قلم اطلاعاتی در معیوب و باطل شناخته شدن کاربرگه استفاده می‌شود. به این منظور اقلام اطلاعاتی گروه‌های فوق به شیوه زیر وزن‌دهی شده و تعداد نقصهای مشاهده شده هر قلم در وزن مربوطه ضرب شده و سپس با تعداد نقصهای موزون سایر اقلام ترکیب می‌شود (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. ضرایب وزنی گروه اqlام اطلاعاتی کاربرد گة نمایه سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

گروه اول اqlام اطلاعاتی	ضریب وزنی ۲۰
گروه دوم اqlام اطلاعاتی	ضریب وزنی ۱۰
گروه سوم اqlام اطلاعاتی	ضریب وزنی ۳
گروه چهارم اqlام اطلاعاتی	ضریب وزنی ۱

۴-۱-۱. اجزای نمودار کنترل $\bar{U}$ طبقه بندی شده در هر واحد بازرسی

با توجه به طبقه بندی اqlام اطلاعاتی و امکان تعدد و تنوع نمونه گیری از فرایند نمایه سازی نمودار کنترل تعداد نقصهای طبقه بندی شده برای هر واحد بازرسی و به بیانی دیگر نمودار کنترل $\bar{U}$ با طبقه بندی نقصها با اجزای زیر معرفی می شود:

$$UCL = \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u$$

$$CL = \bar{u}$$

$$LCL = \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u$$

$$D_i = \sum_{j=1}^{23} w_j c_{ij}$$

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{23} w_j c_{ij}$$

$$u_k \equiv u = \frac{D}{n}$$

$$\bar{u} = \frac{\sum_{k=1}^m u_k}{m}$$

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{23} w_j^2 c_{kij}}{mn}}$$

i : اندیس شمارنده مشاهدات در یک نمونه

j : اندیس شمارنده اqlام اطلاعاتی

w_j : وزن قلم اطلاعاتی j ام

c_{ij} : تعداد نقص در قلم اطلاعاتی j ام در مشاهده i ام

D_i : مجموع موزون تعداد نقص در مشاهده i ام

n : اندازه نمونه (n مشاهده در یک نمونه)

D : مجموع موزون تعداد نقص در نمونه

u : متوسط تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده)

k : اندیس شمارنده نمونه‌ها (در یک مقطع بلند مدت)

u_k : متوسط تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده) در نمونه k ام

m : تعداد نمونه (در یک مقطع بلند مدت)

$\bar{u}$: میانگین متوسط تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده) طی نمونه‌های مختلف (m نمونه)

c_{kij} : تعداد نقص در قلم اطلاعاتی j ام در مشاهده i ام از نمونه k ام

$\hat{\sigma}_u$: واریانس تخمینی تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده) طی نمونه‌های مختلف (m نمونه)

با توجه به پارامترهای تعیین شده و پیش‌بینی شده فرایند نمایه‌سازی (حجم ورودی گزارشها، مدت زمان تهیه نمایه، تعداد پرسنل نمایه‌ساز و ...)، اندازه نمونه برابر پنج مشاهده در نظر گرفته می‌شود.

به منظور دستیابی به نمودار کنترل نهایی برای استفاده و اعمال در یک مقطع زمانی بلندمدت لازم است که برای مقطع زمانی کوتاهی با نمونه‌گیری پی در پی و محاسبه نمودار کنترل آزمایشی مربوطه و اصلاح آن به شیوه زیر عمل کرد:

۱. طی پنج روز کاری مطابق برنامه جدول ۱۲ اقدام به نمونه‌گیری پی در پی به تعداد ۳۵ نمونه ۵ تایی و سپس اجزای نمودار کنترل، محاسبه و ترسیم می‌شود.

۲. آماره متوسط تعداد نقصهای موزون هر واحد بازرسی برای ۳۵ نمونه به‌دست آمده و در نمودار کنترل منتقل می‌شوند.

۳. نمونه‌های خارج از کنترل شناسایی شده و ضمن علت‌یابی دلایل انحراف و رفع علل، این نمونه‌ها حذف شده و مجدداً اجزای نمودار کنترل محاسبه و ترسیم می‌شود. این فرایند تا به‌دست آمدن یک نمودار کنترل که در آن تمامی نمونه‌های ترسیم شده تحت کنترل قرار گیرند ادامه می‌یابد.

۴. اجزای نمودار کنترل حاصله به‌عنوان اجزای نمودار اصلی و کاربردی برای یک دوره بلندمدت (دوره سه ماهه) مورد استناد قرار گرفته و فرایند بر اساس آن کنترل می‌شود.

۵. در دوره بلندمدت سه ماهه مطابق برنامه جدول ۱۳ نمونه‌گیری شده و با انتقال آماره نمونه‌های اخذ شده در نمودار کنترل نهایی، فرایند بررسی و کنترل می‌شود.

جدول ۱۲. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل آزمایشی فرایند نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ساعت کاری نمایه‌سازی
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۲
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۳
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۴
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۵
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۶۰	۵۲,۵	۴۵	۳۷,۵	۳۰	۲۲,۵	۱۵	۷,۵	۰	مجموع نمایه تهیه شده
۰	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۰	اندازه نمونه
۵۸٪									درصد نمایه‌های کنترل شده

جدول ۱۳. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل نهایی فرایند نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ساعت کاری نمایه‌سازی
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱
-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۲
-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۳
-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۴
-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۱۲	۹,۵	۹	۷,۵	۶	۴,۵	۳	۱,۵	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۵
-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۶۰	۵۲,۵	۴۵	۳۷,۵	۳۰	۲۲,۵	۱۵	۷,۵	۰	مجموع نمایه تهیه شده
۰	۵	۰	۰	۵	۰	۰	۵	۰	اندازه نمونه
۲۵٪									درصد نمایه‌های کنترل شده

۶. در صورت بروز نقطه خارج از کنترل (حالت خارج از کنترل فرایند بر اساس قوانین حساس سازی به کار رفته)، و همچنین مقادیر بالای متوسط تعداد نقص طی نمایه سازی، فرایند بررسی شده و علل بروز انحرافات با اتکا بر ابزارهای تحلیل گرایانه کنترل فرایند آماری، شناسایی و اقدامات بهبود دهنده از سوی مدیریت صورت می گیرد. شایان ذکر است اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه ای که از سوی مدیریت و مراجع مرتبط به منظور بهبود کیفیت فرایند نمایه سازی و کاهش تعداد نقصها و انحرافات صورت می گیرد، همواره مدنظر بوده و در جهت رسیدن به فرایندی پایدار و کوچک شدن مقدار حد کنترل بالای نمودار کنترل U پیگیری می شود.

در کاربرد مدل کنترل فرایند آماری باید به نکات زیر توجه داشت:

الف. اگر در محاسبه اجزای نمودار کنترل (آزمایشی و نهایی) مقدار حد کنترل پایین LCL منفی شود، مقدار آن برابر صفر در نظر گرفته می شود.

ب. در صورتی که اندازه نمونه به دلایلی چون محدودیتهای سازمانی، تغییرات پارامترهای اجرایی و ... تغییر نماید، اجزا و آماره های نمودار کنترل بر اساس اندازه نمونه اجرایی محاسبه می شوند.

پ. مدل ارائه شده دارای انعطاف مناسبی در قبال تغییر پارامترهای پیش فرض در مدل فرایند نمایه سازی نقشه های طرحهای عمرانی بوده و می توان طی این تغییرات مدل را به هنگام و کنترل آماری فرایند را پیگیری نمود.

ت. اگر بنا به دلایلی اندازه نمونه طی یک دوره کنترلی متفاوت باشد، لازم است که از اندازه نمونه متوسط در محاسبات اجزای نمودار کنترلی استفاده شود. در ادامه محاسبات آماره های هر نمونه برای انتقال به نمودار کنترل بر اساس اندازه نمونه واقعی و اخذ شده از فرایند نمایه سازی محاسبه می شود.

$$\bar{n} = \frac{\sum_{k=1}^m n_k}{m}$$

۴-۱-۲. برگه کنترل

به منظور جمع آوری و ثبت داده های مشاهدات اخذ شده در هر نمونه و انجام محاسبات آماره نمونه از برگه کنترل استفاده می شود (شکل ۱۳). این برگه کنترل علاوه بر مزایای گفته شده امکان ردیابی داده ها و همچنین تجزیه و تحلیل های دیگر بر مبنای متغیرهای مؤثر بر فرایند نمایه سازی را میسر می سازد.

مسئول کنترل و بازرسی: تاریخ کنترل و بازرسی: ساعت کنترل و بازرسی: شماره نمونه: نوع نمونه‌گیری و ترسیم نمودار																		اقسام اطلاعاتی کاربرگه نمایه‌سازی گزارشهای طرحهای عمرانی																	
شماره کنترل شماره کاربرگه طبقه‌بندی موضوعی نمایه‌ساز گزارش و پروژه سرشناسه عنوان عنوان لاتین شرح پدیدآور شناسه افزوده وضعیت نشر مشخصات ظاهری زبان مدرک خلاصه به زبان ... سلسله انتشارات شماره گزارش / پروژه شماره قرارداد / پیمان شماره استاندارد منبع یادداشت تکمیلی دسترس پذیری کلیدواژه ارجاع																		تعداد نقص مشاهده شده																	
																		شماره مشاهده کد نمایه‌ساز شماره کاربرگه																	
																		۱ ۲ ۳ ۴ ۵																	
																		مجموع نقص هر قلم اطلاعاتی C_{ij}																	
																		وزن هر قلم اطلاعاتی W_j																	
مجموع وزنی نقص هر قلم اطلاعاتی $W_j C_{ij}$																		مجموع موزون تعداد نقص در نمونه اخذ شده D																	
متوسط تعداد نقص موزون هر واحد بازرسی U																		آیا آماره نمونه در نمودار U تحت کنترل است؟																	
بلی																		خیر																	

شکل ۱۳. نمونه برگه کنترل نمایه‌سازی گزارشها

۳-۱-۴. نمودار کنترل نقصها - فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی
طراحی نمودار کنترل نقصها و تعیین پارامترهای آن بر اساس برآوردهای انجام شده در مورد
فرایند صورت می‌گیرد. فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های عمرانی دارای پیش‌فرضها و پارامترهای پیش‌بینی
شده‌ای به شرح جدول ۱۴ است:

جدول ۱۴. پارامترهای فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی	
تعداد نقشه‌های ورودی برای نمایه‌سازی (سالانه)	۱۰۰۰۰۰ گزارش
مدت زمان تهیه نمایه برای یک نقشه	۲۰ دقیقه
تعداد پرسنل برای نمایه‌سازی	۲۰ نفر
ساعت کار روزانه	۸ ساعت
حداکثر تعداد نمایه تهیه شده سال اول	۱۲۰۰۰۰ نمایه
نسبت افزایش تعداد نقشه ورودی در سال بعدی	۱۰ درصد
افزایش نسبی تعداد پرسنل نمایه‌ساز با توجه به افزایش تعداد نقشه‌های ورودی طی سالهای آتی	

اقلام اطلاعاتی در کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌ها که محل بروز نقص هستند، درجه اهمیت متفاوت
دارند و بر حسب مورد می‌توانند منجر به معیوب شدن یا با وجود نقص منجر به پذیرش نمایه تهیه شده
شوند. اقلام اطلاعاتی و خصوصیات آنها در جدول ۱۵ ارائه شده‌اند.

جدول ۱۵. اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟			آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟		
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	شماره کنترل	•					
۲	شماره کاربرگه	•					
۳	طبقه‌بندی موضوعی	•					
۴	نمایه‌ساز			•	•		
۵	گزارش و پروژه			•	•		
۶	سرشناسه			•	•		
۷	عنوان	•					
۸	عنوان لاتین			•	•		
۹	شرح پدیدآور			•	•		
۱۰	شناسه افزوده			•	•		
۱۱	وضعیت نشر			•	•		
۱۲	برساخت (مشخصات ظاهری)	•					
۱۳	زبان مدرک			•	•		
۱۴	خلاصه به زبان ...			•	•		
۱۵	سلسله انتشارات			•	•		
۱۶	شماره گزارش / پروژه			•	•		
۱۷	شماره قرارداد / پیمان			•	•		
۱۸	شماره استاندارد			•	•		
۱۹	منبع			•	•		
۲۰	یادداشت تکمیلی			•	•		
۲۱	دسترس‌پذیری			•	•		
۲۲	کلیدواژه	•					
۲۳	ارجاع			•	•		

با توجه به جدول فوق مجموعه اقلام اطلاعاتی از نظر اهمیت در معتبر بودن نمایه حاصله به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

۱. گروه اول. اقلام اطلاعاتی اجباری کاربرگه نمایه که نمایه‌ساز می‌باید به‌طور صحیح آنها را تکمیل نموده و در صورت دارا بودن نقص منجر به ابطال نمایه می‌شوند (جدول ۱۶).

جدول ۱۶. اقلام اطلاعاتی گروه اول کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام					
		اجباری			اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟			آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟		
		بلی	خیر		بلی	خیر	
۱	شماره کنترل	●	●				
۲	شماره کاربرگه	●	●				
۳	طبقه‌بندی موضوعی	●	●				
۴	عنوان	●	●				
۵	برساخت (مشخصات ظاهری)	●	●				
۶	کلیدواژه	●	●				

۲. گروه دوم. اقلام اطلاعاتی اختیاری کاربرگه نمایه که نمایه‌ساز بر اساس نقشه طرح عمرانی مربوطه می‌تواند آنها را تکمیل نماید. این اقلام با دارا بودن نقص منجر به ابطال نمایه نشده و می‌توان نمایه‌ای منقوص به اقلام فوق را پذیرش نمود (جدول ۱۷).

جدول ۱۲. اقلام اطلاعاتی گروه دوم کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی

ردیف	اقلام اطلاعاتی	نوع اقلام						
		اجباری				اختیاری		
		آیا بروز نقص، نمایه را باطل می‌کند؟				آیا با دارا بودن نقص، قابل قبول است؟		
		بلی	خیر			بلی	خیر	
۱	نمایه‌ساز			•		•	•	
۲	گزارش و پروژه			•		•	•	
۳	سرشناسه			•		•	•	
۴	عنوان لاتین			•		•	•	
۵	شرح پدیدآور			•		•	•	
۶	شناسه افزوده			•		•	•	
۷	وضعیت نشر			•		•	•	
۸	زبان مدرک			•		•	•	
۹	خلاصه به زبان ...			•		•	•	
۱۰	سلسله انتشارات			•		•	•	
۱۱	شماره نقشه / طراحی			•		•	•	
۱۲	شماره قرارداد			•		•	•	
۱۳	شماره استاندارد			•		•	•	
۱۴	منبع			•		•	•	
۱۵	یادداشت تکمیلی			•		•	•	
۱۶	دسترس‌پذیری			•		•	•	
۱۷	ارجاع			•		•	•	

برای ترکیب تعداد نقص‌های مشاهده شده در یک کاربرگه و بررسی آنها در یک نمودار کنترل تعداد نقص، از ضریب وزنی متناسب به نقش هر قلم اطلاعاتی در معیوب و باطل شناخته شدن کاربرگه استفاده می‌شود. به این منظور اقلام اطلاعاتی گروه‌های فوق به شیوه زیر وزن‌دهی شده و

تعداد نقصهای مشاهده شده هر قلم در وزن مربوطه ضرب شده و سپس با تعداد نقصهای موزون سایر اقلام ترکیب می‌شود (جدول ۱۸).

جدول ۱۸. ضرایب وزنی گروه اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌های طرحهای عمرانی

ضریب وزنی ۲۰	گروه اول اقلام اطلاعاتی
ضریب وزنی ۱	گروه دوم اقلام اطلاعاتی

۴-۱-۳-۱. اجزای نمودار کنترل $\bar{U}$ طبقه‌بندی شده در هر واحد بازرسی با توجه به طبقه‌بندی اقلام اطلاعاتی و امکان تعدد و تنوع نمونه‌گیری از فرایند نمایه‌سازی نمودار کنترل تعداد نقصهای طبقه‌بندی شده برای هر واحد بازرسی و به بیانی دیگر نمودار کنترل $\bar{U}$ با طبقه‌بندی نقصها با اجزای زیر معرفی می‌شود:

$$\begin{aligned}
 UCL &= \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u \\
 CL &= \bar{u} \\
 LCL &= \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u \\
 D_i &= \sum_{j=1}^{23} w_j c_{ij} \\
 D &= \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{23} w_j c_{ij} \\
 u_k &\equiv u = \frac{D}{n} \\
 \bar{u} &= \frac{\sum_{k=1}^m u_k}{m} \\
 \hat{\sigma}_u &= \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{23} w_j^2 c_{kij}}{mn}}
 \end{aligned}
 \tag{۲}$$

i : اندیس شمارنده مشاهدات در یک نمونه

j : اندیس شمارنده اقلام اطلاعاتی

w_j : وزن قلم اطلاعاتی j ام

c_{ij} : تعداد نقص در قلم اطلاعاتی j ام در مشاهده i ام

D_i : مجموع موزون تعداد نقص در مشاهده i ام

n : اندازه نمونه (n مشاهده در یک نمونه)

D : مجموع موزون تعداد نقص در نمونه

- u : متوسط تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده)
 k : اندیس شمارنده نمونه‌ها (در یک مقطع بلندمدت)
 u_k : متوسط تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده) در نمونه k ام
 m : تعداد نمونه (در یک مقطع بلندمدت)
 $\bar{u}$: میانگین متوسط تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده) طی نمونه‌های مختلف (m نمونه)
 c_{kij} : تعداد نقص در قلم اطلاعاتی j ام در مشاهده i ام از نمونه k ام
 $\hat{\sigma}_u$: واریانس تخمینی تعداد نقص موزون برای هر واحد بازرسی (یک مشاهده) طی نمونه‌های مختلف (m نمونه)

با توجه به پارامترهای تعیین شده و پیش‌بینی شده فرایند نمایه‌سازی (حجم ورودی نقشه‌ها، مدت زمان تهیه نمایه، تعداد پرسنل نمایه‌ساز و ...)، اندازه نمونه برابر ۲۰ مشاهده در نظر گرفته می‌شود. به منظور دستیابی به نمودار کنترل نهایی برای استفاده و اعمال در یک مقطع زمانی بلندمدت لازم است که برای مقطع زمانی کوتاهی با نمونه‌گیری پی در پی و محاسبه نمودار کنترل آزمایشی مربوطه و اصلاح آن به شیوه زیر عمل کرد:

۱. طی پنج روز کاری مطابق برنامه جدول ۱۹ اقدام به نمونه‌گیری پی در پی به تعداد ۳۵ نمونه ۲۰ تایی و سپس اجرای نمودار کنترل، محاسبه و ترسیم می‌شود.

جدول ۱۹. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل آزمایشی فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های

عمرانی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ساعت کاری نمایه‌سازی
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۲
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۳
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۴
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۵
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۶
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۷
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۸
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۹
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۰
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۱
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۲
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۳
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۴
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟

ادامه جدول ۱۹. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل آزمایشی فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های

طرح‌های عمرانی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ساعت کاری نمایه‌سازی
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۵
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۶
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۷
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۸
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۹
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۲۰
-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۴۸۰	۴۲۰	۳۶۰	۳۰۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۲۰	۶۰	۰	مجموع نمایه تهیه شده
۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۰	اندازه نمونه
٪ ۲۹									درصد نمایه‌های کنترل شده

۲. آماره متوسط تعداد نقصهای موزون هر واحد بازرسی برای ۳۵ نمونه به‌دست آمده و در نمودار کنترل منتقل می‌شوند.

۳. نمونه‌های خارج از کنترل شناسایی شده و ضمن علت‌یابی دلایل انحراف و رفع علل، این نمونه‌ها حذف شده و مجدداً اجزای نمودار کنترل محاسبه و ترسیم می‌شود. این فرایند تا به‌دست آمدن یک نمودار کنترل که در آن تمامی نمونه‌های ترسیم شده تحت کنترل قرار گیرند ادامه می‌یابد.

۴. اجزای نمودار کنترل حاصله به‌عنوان اجزای نمودار اصلی و کاربردی برای یک دوره بلندمدت (دوره سه ماهه) مورد استناد قرار گرفته و فرایند بر اساس آن کنترل می‌شود.

۵. در دوره بلند مدت سه ماهه مطابق برنامه جدول ۲۰ نمونه‌گیری شده و با انتقال آماره نمونه‌های اخذ شده در نمودار کنترل نهایی، فرایند بررسی و کنترل می‌شود.

جدول ۲۰. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل نهایی فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ساعت کاری نمایه‌سازی
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۲
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۳
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۴
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۵
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۶
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۷
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۸
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۹
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۰
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۱
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۲
-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۳
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۴
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟

ادامه جدول ۲۰. برنامه نمونه‌گیری برای نمودار کنترل نهایی فرایند نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های

عمرانی

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	ساعت کاری نمایه‌سازی
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۵
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۶
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۷
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۸
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۱۹
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۲۴	۲۱	۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	۰	تعداد نمایه تهیه شده توسط نمایه‌ساز ۲۰
-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	یک مشاهده اخذ شده و کنترل می‌شود؟
۴۸۰	۴۲۰	۳۶۰	۳۰۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۲۰	۶۰	۰	مجموع نمایه تهیه شده
۰	۲۰	۰	۲۰	۰	۲۰	۰	۲۰	۰	اندازه نمونه
٪ ۱۶									درصد نمایه‌های کنترل شده

۶. در صورت بروز نقطه خارج از کنترل (حالت خارج از کنترل فرایند بر اساس قوانین حساس‌سازی به کار رفته)، و همچنین مقادیر بالای متوسط تعداد نقص طی نمایه‌سازی، فرایند بررسی شده و علل بروز انحرافات با اتکا بر ابزارهای تحلیل گرانه کنترل فرایند آماری که در فصل یک معرفی و تشریح شده‌اند، شناسایی و اقدامات بهبود دهنده از سوی مدیریت صورت می‌گیرد. شایان ذکر است اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه‌ای که از سوی مدیریت و مراجع مرتبط به منظور بهبود کیفیت فرایند نمایه‌سازی و کاهش تعداد نقصها و انحرافات صورت می‌گیرد، همواره مدنظر بوده و در جهت رسیدن به فرایندی پایدار و کوچک شدن مقدار حد کنترل بالای نمودار کنترل U پیگیری می‌شود.

در کاربرد مدل کنترل فرایند آماری باید به نکات زیر توجه داشت:

الف. اگر در محاسبه اجزای نمودار کنترل (آزمایشی و نهایی) مقدار حد کنترل پایین LCL منفی شود، مقدار آن برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

ب. در صورتی که اندازه نمونه به دلایلی چون محدودیتهای سازمانی، تغییرات پارامترهای اجرایی و ... تغییر نماید، اجزا و آماره‌های نمودار کنترل بر اساس اندازه نمونه اجرایی محاسبه می‌شوند.

پ. مدل ارائه شده دارای انعطاف مناسبی در قبال تغییر پارامترهای پیش فرض در مدل فرایند نمایه سازی نقشه های طرح های عمرانی بوده و می توان طی این تغییرات مدل را به هنگام و کنترل آماری فرایند را پیگیری نمود.

ت. اگر بنا به دلایلی اندازه نمونه طی یک دوره کنترلی متفاوت باشد، لازم است که از اندازه نمونه متوسط در محاسبات اجزای نمودار کنترلی استفاده شود. در ادامه محاسبات آماره های هر نمونه برای انتقال به نمودار کنترل بر اساس اندازه نمونه واقعی و اخذ شده از فرایند نمایه سازی محاسبه می شود.

$$\bar{n} = \frac{\sum_{k=1}^m n_k}{m}$$

۴-۲-۲. برگه کنترل

به منظور جمع آوری و ثبت داده های مشاهدات اخذ شده در هر نمونه و انجام محاسبات آماره نمونه از برگه کنترل استفاده می شود (شکل ۱۴). این برگه کنترل علاوه بر مزایای فوق الذکر امکان ردیابی داده ها و همچنین تجزیه و تحلیل های دیگری بر مبنای متغیرهای مؤثر بر فرایند نمایه سازی را میسر می سازد.

مسئول کنترل و بازرسی:		اقلام اطلاعاتی کاربرگه نمایه‌سازی نقشه‌های طرح‌های عمرانی																			
تاریخ کنترل و بازرسی:		شماره کنترل																			
ساعت کنترل و بازرسی:		شماره کاربرگه																			
شماره نمونه:		طبقه‌بندی موضوعی																			
نوع نمونه‌گیری و ترسیم نمودار		نمایه‌ساز																			
□ آزمایشی □ نهایی		گزارش و پروژه																			
شماره مشاهده	کد نمایه‌ساز	شماره کاربرگه	سرشناسه																		
۱			عنوان																		
۲			عنوان لاتین																		
...			شرح پدیدآور																		
۲۰			شناسه افزوده																		
			وضعیت نشر																		
			برساخت (منحصرات ظاهری)																		
			زبان مدرک																		
			خلاصه به زبان ...																		
			سلسله انتشارات																		
			شماره نقشه / طراحی																		
			شماره قرارداد / پیمان																		
			شماره استاندارد																		
			منبع																		
			یادداشت تکمیلی																		
			دسترس پذیری																		
			کلیدواژه																		
			ارجاع																		
مجموع نقص هر قلم اطلاعاتی		C_{ij}																			
وزن هر قلم اطلاعاتی		W_j	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲۰	
مجموع وزنی نقص هر قلم اطلاعاتی		$W_j C_{ij}$																			
مجموع موزون تعداد نقص در نمونه اخذ شده		D																			
متوسط تعداد نقص موزون هر واحد بازرسی		u																			
آیا آماره نمونه در نمودار L تحت کنترل است ؟			□ بلی □ خیر																		

شکل ۱۴. نمونه برگه کنترل نمایه‌سازی نقشه‌ها

۵. سایر تجزیه و تحلیلها

نحوه ثبت و سازماندهی اطلاعات دریافتی از مشاهدات اخذ شده طی فرایند نمایه‌سازی این امکان را به مدیریت و تحلیل گر می‌دهد، که بتواند علاوه بر کنترل آماری فرایند نمایه‌سازی، بررسیها و کنترلهای موردی را نیز در خصوص متغیرها و پارامترهای موجود و مؤثر بر فرایند طراحی نموده و اجرا نماید. برخی از تجزیه و تحلیلهای مفید که با اتکا بر ابزارهای کنترل فرایند آماری قابل اجرا است، در جدول ۲۱ معرفی شده‌اند.

جدول ۲۱. تجزیه و تحلیل داده‌های فرایند نمایه‌سازی

ردیف	موضوع تجزیه و تحلیل	داده‌های تجزیه و تحلیل	ابزار تجزیه و تحلیل	اهداف یا اقدام اصلاحی و پیشگیرانه پیشنهادی
۱	شناسایی و طبقه‌بندی اقلام اطلاعاتی دارای احتمال بروز نقص بالا	مجموع نقص هر قلم اطلاعاتی	نمودار پارتو	تمرکز بر شناسایی علل بروز نقص و رفع آنها
۲	شناسایی علل مؤثرتر در بروز نقص در اقلام اطلاعاتی	مجموع نقص هر قلم اطلاعاتی، نتایج تحلیلی ردیف ۱	نمودار پارتو، نمودار علت و معلول	طبقه‌بندی و برنامه‌ریزی اقدامات اصلاحی (آموزش، مستندسازی، تدوین و اصلاح دستورعمل، ...)
۳	اولویت‌بندی اقدامات بهبود دهنده	نتایج تحلیل و آماری ردیف ۱ و ۲	نمودار پارتو، نمودار علت و معلول	کنترل هزینه، بهینه‌سازی سیستم
۴	کنترل فرایند نمایه‌سازی هر نمایه‌ساز	مشاهدات اخذ شده هر نمایه‌ساز به تفکیک	نمودار کنترل تأیید اساس داده‌های بک نمایه‌ساز در بلندمدت به اندازه نمونه ۱	شناسایی نقاط قوت و ضعف نمایه‌ساز در فرایند نمایه‌سازی برای سفارشی کردن اقدامات بهبود دهنده
۵	بررسی اثر شیوه طراحی کاربرگه نمایه در کیفیت فرایند نمایه‌سازی	تعداد و محل بروز نقص هر قلم اطلاعاتی	نمودار پارتو، نمودار تمرکز نقص	اصلاح و بهبود طراحی کاربرگه نمایه‌سازی

ادامه جدول ۲۱. تجزیه و تحلیل داده‌های فرایند نمایه‌سازی

ردیف	موضوع تجزیه و تحلیل	داده‌های تجزیه و تحلیل	ابزار تجزیه و تحلیل	اهداف یا اقدام اصلاحی و پیشگیرانه پیشنهادی
۶	بررسی اثر اقدامات اصلاحی در ارتقا کیفیت فرایند	آماره‌های نمونه‌های اخذ شده در قبل و بعد از اقدامات اصلاحی	نم‌دار کنترل U، نمودار سری زمانی	تداوم و برحسب مورد بازنگری شیوه اقدامات اصلاحی و بهبود دهنده

۶. کتابنامه

- باتاچاریا گوری ک.، و ریچارد ا. جانسون. ۱۹۷۷. مفاهیم و روشهای آماری. جلد اول. ترجمه مرتضی ابن شهر آشوب، وفتاح میکایلی. ۱۳۶۴. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- باوکر، آلبرت، و جرالده. ج. لیبرمن. ۱۹۷۲. آمار مهندسی. ترجمه هاشم محلوچی. ۱۳۷۵. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- نتر، جان، و ویلیام واسرمن، و جی. ا. ویتنور. ۱۹۸۸. آمار کاربردی. جلد اول. ترجمه علی عمیدی. ۱۳۷۳. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- راس، شلدون. ۱۹۹۴. مبانی احتمال. ترجمه احمد پارسیان، و علی همدانی. ۱۳۷۹. اصفهان: شیخ بهایی.
- سیمانیان شرلین، و حسن عصاره. ۱۳۷۹. کنترل فرایند آماری همگام با نرم افزار. اهواز: خاتم سبز.
- مونتگومری. داگلاس سی. ۱۹۹۱-۱۹۹۶. کنترل کیفیت آماری. ترجمه رسول نورالسّاء. ۱۳۸۲. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- والپول، رونالد. ای. بی. تا. مقدمه‌ای بر احتمالات و آمار کاربردی. ترجمه میربهادرقلی آریانزاد و محمد ذهبیون. ۱۳۸۳. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ویلیام و. هاینز، و داگلاس س. مونتگومری. ۱۹۹۰. احتمال و آمار در مهندسی و علم مدیریت (جلد اول و دوم). ترجمه محمد صالح اولیاء. ۱۳۷۷. تهران: دانشگاه علم و صنعت.
- Berenson, Mark L., and David M. Levine. 1999. *Basic Business Statistics*. 7th Ed. Newjersy: Prentice-Hall.
- Kolarik William J. 1999. *Creating Quality, Process Design For Results*. McGraw-Hill.
- Ishikawa, Kaoru. 1990. *Intoduction to quality control*. Translated by J. H. Loftus. US: Chapman & Hall.
- Montgomery D. C., and G. C. Runger. 1994. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. US: John Wiley & Sons.
- Oakland John S. 1999. *Statistical Process Control*. 4th Edition. London: Butterworth-Heineman.

فرایند کنترل کیفیت نمایه سازی



01XF0000000000365

پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران