٩ ٧٢٧

دانشکدهٔ صنایع

بهینه سازی چارتهای کنترل منطقه‌ای

مجید نوجوان

پایان نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی صنایع

استاد راهنما: دکتر رسول نورالسناء
استاد مشاور : دکتر میر بهادر قلی آریانژاد
دکتر سید حسینی

شهریور ۱۳۷۳

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که در سختیهای زندگی هدایتگر راهم بودند
و در کوران حوادث پشتیبانم و خود سوختند
تا روشنی بخش محفل زندگی باشند.

چکیده

چارتهای کنترلی منطقه بندی شده یکی از انواع چارتهایی است که برای کنترل پروسه بکار برده می‌شود. در این چارتها، چارت کنترلی به مناطق مجزایی تقسیم شده و کنترل پروسه با استفاده از نمره دهی به مشاهدات و تعیین نمرهٔ تجمعی انجام می‌شود. دو نمونه از چارتهایی که از نمرات تجمعی برای کنترل پروسه استفاده می‌کنند، چارت کنترلی Run Sum (مدل اولیه توسط Roberts در سال ۱۹۷۱) و چارت کنترل منطقه‌ای (مدل اولیه توسط Jaehn در سال ۱۹۸۷) می‌باشند. فصل اول در این پایان نامه به تاریخچهٔ چارتهای کنترلی منطقه بندی شده و تشریح این دو چارت اختصاص داده شده است. در این فصل نحوهٔ ایجاد، استفاده و کارائی این چارتها تشریح شده است.

در فصل دوم، نخست یک مدل عمومی برای چارتهای کنترل منطقه‌ای معرفی شده است. این مدل بدلیل جامعیت می‌تواند به عنوان مدل عمومی چارتهای کنترلی منطقه بندی شده بکار رود. سپس معیارهای مقایسهٔ چارتهای کنترلی منطقه‌ای تشریح شده و با توجه به این معیارها روشهایی برای بهبود و بهینه سازی در چارتهای کنترل منطقه‌ای معرفی شده است. برای بهینه سازی چارتهای کنترل منطقه‌ای از سه روش استفاده شده است. اولین روش که روش «استاندارد کردن نمرات منطقه‌ای» می‌باشد توسط Fang و Case در سال ۱۹۹۰ معرفی گردید. نشان داده می‌شود که این روش یک روش بهبود بوده و نمی‌تواند چارت بهینه را بدست آورد. روش دوم استفاده از برنامهٔ ریاضی برای بهبود چارت می‌باشد. بدین منظور دو برنامهٔ غیر خطی پیشنهاد شده و یک مثال با آنها حل شده است و نهایتاً در روش سوم از برنامهٔ کامپیوتری برای بهینه سازی چارتهای کنترل منطقه‌ای استفاده می‌شود.

در این روش، برنامهٔ کامپیوتری، سیستمهای نمره دهی و تعداد مناطق را شبیه سازی کرده و با توجه به معیارهای بهینه سازی، بهترین چارت را انتخاب می‌کند. مدلسازی چارت دامنه به صورت ریاضی نیز در این فصل تشریح شده است.

فصل سوم به نحوهٔ استفاده از قضیهٔ بیز در چارتهای کنترلی و از جمله در چارت کنترل منطقه‌ای می‌پردازد. در این فصل پس از معرفی قضیهٔ بیز و نحوهٔ برآورد پارامترهای جامعه توسط آن، نحوهٔ کاربرد این قضیه برای برآورد میانگین پروسه در چارتهای کنترلی (در حالت توزیع نرمال میانگین و یا اطلاعات نرمال) تشریح شده است.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات استاد ارجمند آقای دکتر نورالسناء که راهنمای اینجانب در انجام پروژه و تهیه و ارائه پایان نامه بوده‌اند سپاسگزاری می‌نمایم همچنین از استاد گرامی آقای دکتراصغرپور که راهنمائی‌های ارزندهٔ ایشان در انجام پروژه بسیار مثمر ثمر بوده‌است ونیز از مدیریت محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده صنایع جناب آقای دکترآریانژاد و سایر اساتید محترم کمال تشکر را دارم.

در پایان‌امیدوارم‌این پایان نامه مورد توجه کلیه علاقه‌مندان وصاحبنظران واقع گردد.

شهریور ۱۳۷۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	
فصل اول : معرفی و تشریح چارتهای کنترلی منطقه بندی شده	
۱-۱ - تاریخچهٔ چارتهای کنترلی منطقه بندی‌شده	۱
۱-۲ - بررسی چارت کنترلی Run Sum	۳
۱-۳ - بررسی چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn	۶
۱-۳-۱ - چگونگی ایجاد چارت	۶
۱-۳-۲ - نحوهٔ استفاده از چارت	۷
۱-۳-۳ - اصول آماری سیستم نمره گذاری	۸
۱-۳-۴ - تفاوت چارت کنترل منطقه‌ای و چارت Run Sum	۹
۱-۳-۵ - بررسی کارائی چارت کنترل منطقه‌ای	۱۰
۱-۳-۶ - نحوهٔ محاسبهٔ ARL در چارت کنترلی منطقه‌ای	۱۲
۱-۳-۶-۱ - سیستم معادلات خطی برای محاسبهٔ ARL	۱۲
۱-۳-۶-۲ - استفاده از زنجیرهٔ مارکوف برای محاسبهٔ ARL	۱۶
۱-۳-۷ - تغییرات در چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn	۱۹
۱-۳-۸ - استفاده از چارت کنترل منطقه‌ای برای کنترل دامنه	۲۳
فصل دوم : معرفی مدل عمومی چارت کنترل منطقه‌ای و روشهای بهینه سازی چارت	
۲-۱ - مدل عمومی چارت کنترل منطقه‌ای	۲۵
۲-۱-۱ - طبقه بندی با توجه به تعداد مناطق	۲۸

عنوان | صفحه

۲-۱-۲ - طبقه بندی با توجه به رابطهٔ عدد فعالیت و نمرات منطقه‌ای ۲۶
۲-۱-۳ - طبقه بندی با توجه به ترتیب نمرات ۲۷
۲-۱-۴ - طبقه بندی با توجه به فاصلهٔ حدود کنترلی ۲۸
۲-۱-۵ - طبقه بندی با توجه به روش نمره دهی به مشاهدات ۲۸
۲-۱-۶ - طبقه بندی با توجه به تقارن چارت ۳۳
۲-۲ - بهینه سازی چارتهای کنترل منطقه‌ای ۳۶
۲-۲-۱ - روش استاندارد کردن نمرات منطقه‌ای ۳۸
۲-۲-۲ - روش برنامه ریزی ریاضی ۴۰
۲-۲-۲-۱ - تعیین تابع هدف ۴۰
۲-۲-۲-۲ - تعیین متغیرهای مسئله ۴۳
۲-۲-۲-۳ - تعیین محدودیتهای مسئله ۴۴
۲-۲-۲-۴ - فرموله کردن مسئله بصورت غیر خطی ۴۵
۲-۲-۲-۵ - تبدیل فرمولاسیون غیر خطی به خطی ۶۰
۲-۲-۲-۶ - محاسبهٔ حد بالای متغیرهای برنامهٔ خطی ۶۱
۲-۲-۲-۷ - تعیین تعداد متغیرها و محدودیتهای مسئله ۷۱
۲-۲-۲-۸ - تعیین حدود برای نمرات منطقه‌ای ۷۱
۲-۲-۲-۹ - برنامه ریزی ریاضی برای بهبود چارت دامنه ۸۰
۲-۲-۲-۱۰ - حل یک مسئله نمونه ۸۴

عنوان | صفحه

۳-۲-۲ - روش شبیه سازی کامپیوتری ۹۰

۱-۳-۲-۲ - برنامهٔ محاسبهٔ ARL ۹۱

۲-۳-۲-۲ - برنامهٔ بهینه سازی چارت با وجود ترتیب صعودی نمرات ۹۱

۳-۳-۲-۲ - برنامهٔ بهینه سازی چارت با عدم وجود ترتیب صعودی نمرات ۹۲

۴-۳-۲-۲ - برنامهٔ فرعی Solve برای تشکیل ماتریس ضرائب و بردار سمت راست ۹۲

۵-۳-۲-۲ - برنامهٔ فرعی Javab برای محاسبهٔ ARL ۹۲

فصل سوم : نحوهٔ استفاده از قضیهٔ بیز در چارتهای کنترلی

۱-۳ - تعریف قضیهٔ بیز ۹۴

۲-۳ - چگونگی برآورد پارامتر جامعه با استفاده از قضیهٔ بیز ۹۵

۳-۳ - برآورد میانگین پروسه با استفاده از قضیهٔ بیز در حالت نرمال ۹۶

۴-۳ - برآورد کننده‌های تجربی بیز در حالت نرمال ۹۷

۵-۳ - برآورد پارامترهای چارت توسط روش بیز ۹۹

۱-۵-۳ - پروسه و میانگین آن دارای توزیع نرمال هستند ۹۹

۲-۵-۳ - پروسه و توزیع نرمال با میانگین ثابت دارد ولی اطلاعات مربوط به آن دارای توزیع نرمال هستند ۱۰۰

نتیجه گیری و تحقیقات آتی

ضمیمه

فهرست منابع و مآخذ

فهرست جداول

عنوان	صفحه
فصل اول	
۱-۱ - محاسبهٔ ARL چارت کنترلی Run Sum	۹
۱-۲ - مقایسهٔ ARL چارت کنترل منطقه‌ای و چارتهای شوهارت	۱۱
۱-۳ - محاسبهٔ ARL چارت کنترل منطقه‌ای (۸، ۴، ۲، ۱)	۱۵
۱-۴ - مقایسهٔ کارائی چارت کنترل منطقه‌ای (۸، ۴، ۲، ۰) و چارتهای شوهارت	۱۹
۱-۵ - مقایسهٔ کارائی چارتهای کنترل منطقه‌ای و چارتهای شوهارت	۲۲
۱-۶ - مقایسهٔ کارائی چارت کنترل منطقه‌ای و شوهارت برای کنترل دامنه	۲۶
فصل دوم	
۲-۱ - مقایسهٔ کارائی چارتهای کنترل منطقه‌ای معمولی و دارای حالت FIR	۳۲
۲-۲ - محاسبهٔ ARL چارتهای کنترل منطقه‌ای روش استاندارد کردن نمرات	۲۹
۲-۳ - تعداد متغیرها و محدودیتهای فرمولاسیون غیر خطی	۷۳
۲-۴ - تعداد متغیرها و محدودیتهای فرمولاسیون خطی	۷۴

فهرست نمودارها و تصاویر

عنوان	صفحه
فصل اول	
۱-۱ - چارت کنترلی Rum Sum	۳
۱-۲ - چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn	۶
۱-۳ - نحوهٔ استفاده از چارت کنترل منطقه‌ای	۷
۱-۴ - تستهای دنباله در چارت کنترل منطقه‌ای	۸
۱-۵ - ماتریس انتقال در چارت کنترل منطقه‌ای	۱۶
۱-۶ - چارت کنترل منطقه‌ای برای کنترل دامنه	۲۳
فصل دوم	
۲-۱ - ماتریس انتقال در چارت کنترل منطقه‌ای FIR	۳۰
۲-۲ - فرمولاسیون برنامهٔ ریاضی برای بهینه سازی چارت	۴۶
۲-۳ - فرمولاسیون غیرخطی برنامهٔ ریاضی برای بهینه سازی چارت	۵۳
۲-۴ - فرمولاسیون خطی برنامهٔ ریاضی برای بهینه سازی چارت	۶۴
۲-۵ - سیستم معادلات برای محاسبهٔ حد بالای متغیرهای برنامهٔ خطی	۷۰
۲-۶ - معادلات اصلی برنامهٔ ریاضی غیر خطی در سیستم محدود شده	۷۶
۲-۷ - معادلات اصلی مسئله نمونهٔ غیر خطی	۸۱
۲-۸ - معادلات اصلی مسئله نمونهٔ خطی	۸۸

مقدمه

برای کنترل کیفیت در پروسه‌های تولیدی از چارتهای کنترلی استفاده می‌شود. یکی از انواع چارتهایی که استفاده گسترده‌ای از آن می‌شود چارتهای شوهارت است که با استفاده از چهار نوع دنباله که به صورت مجزا یا در ترکیب با هم بکار می‌روند، پروسه را کنترل می‌کند. به هر صورت استفاده از هر چارت کنترلی مستلزم پذیرش دو نوع خطا می‌باشد که آنها را خطای نوع اول (اخطار دهی اشتباه) و خطای نوع دوم (اخطار دهی دیرهنگام) چارت می‌نامند. برای بررسی و مقایسهٔ کارائی چارتهای مختلف می‌توان از معیار ARL (Δ) استفاده نمود.

ARL (Δ) نشاندهندهٔ تعداد متوسط مشاهدات تا زمان اخطار دهی چارت می‌باشد، در حالتیکه انحراف استاندارد از پارامتر پروسه (مثلاً میانگین) مقدار Δ باشد. برای استفاده از چارتهای کنترلی، چارتی باید انتخاب گردد که به سادگی ایجاد، استفاده و تفسیر شود و علاوه بر آن کارائی بالائی نیز داشته باشد، یعنی خطای نوع اول و دوم آن حداقل باشد. یک معیار مقایسهٔ چارتها می‌تواند این باشد که از بین چارتهایی با ARL (0) یکسان، چارتی که $\sum_i$ ARL (Δ_i) آن حداقل باشد، بهترین چارت است. چارت کنترل منطقه‌ای که مدل عمومی آن در پروژه معرفی شده است جوابی بر این نیازهاست. این چارت به علت استفاده از منطقه بندی و سیستم نمره دهی تجمعی به مشاهدات، دارای انعطاف پذیری بسیار زیادی بوده و می‌توان با توجه به نیاز هر پروسه چارت مناسب را انتخاب کرد. ایجاد چارت به سادگی انجام می‌شود، زیرا برای هر پروسه فقط یکبار طراحی چارت کافی است، استفاده از آنها بسیار ساده است زیرا رسم دقیق مشاهدات و دنبال کردن ترتیب آنها الزامی نیست، تفسیر وضعیت پروسه به سادگی و فقط با مشخص بودن نمرهٔ تجمعی امکان پذیر است و نهایتاً کارائی آنها بهتر از چارتهای شوهارت می‌باشد، یعنی به ازای یک خطای نوع اول در چارتهای شوهارت، چارتهای کنترل منطقه‌ای با همان خطا دارای خطای نوع دوم کمتری می‌باشند. با توجه به مزایای فوق می‌توان گفت که چارت کنترل منطقه‌ای در حالت عام جایگزین مناسبی برای چارتهای شوهارت می‌باشند.

فصل اول: معرفی و تشریح چارتهای کنترلی منطقه بندی شده

۱-۱ - تاریخچهٔ چارتهای کنترلی منطقه بندی شده

چارتهای کنترلی که برای کنترل پروسه بکار میروند ابتدا توسط شوهارت در سال ۱۹۵۶ پیشنهاد گردیدند. در این چارتها از چند تست دنباله (Run) که بصورت مجزا و یا در ترکیب با هم بکار میروند استفاده شده است. یک دنباله ترتیبی از مشاهدات است که در بالا یا پائین مقادیر مشخصی قرار داشته باشد. در چارتهای کنترلی این مقادیر، مقادیر هدف و حدود کنترلی می‌باشند. تعدادی از دنباله‌هایی که کاربرد عمومی یافته‌اند در کتاب هندبوک کنترل کیفیت آماری وسترن الکتریک که حالا به نام AT&T نامیده میشود آورده شده‌اند. این دنباله‌ها به قرار زیرند:

الف - یک نقطه خارج از حد 3δ قرار گیرد.

ب - از سه نقطهٔ متوالی دو نقطه بین حدود 2δ و 3δ قرار گیرند.

ج - از پنج نقطهٔ متوالی چهار نقطه بین حدود 1δ و 2δ قرار گیرند.

د - هشت نقطهٔ متوالی بین خط مرکزی (هدف) و حد 1δ قرار گیرند.

هرگاه چنین ترتیبهایی از مشاهدات در یک سمت چارت ایجاد گردد، چارت خروج پروسه از کنترل را نشان خواهد داد.

W. RobertS در سال ۱۹۶۶، شش چارت کنترلی را پیشنهاد و آنها را با هم مقایسه نمود. یکی از

این چارتها چارت Run Sum بود که در آن چارت، منطقه بندی شده و از نمرات تجمعی استفاده می‌شد. در این چارت بجای دنبال کردن ترتیب مشاهدات، یک سیستم نمره گذاری بر روی مشاهدات خروج پروسه از کنترل را مشخص می‌کرد.

John H. Reynolds در سال ۱۹۷۱ مدل عمومی چارت کنترلی Run Sum را معرفی و آنرا تشریح نمود. در این مدل سیستم نمره دهی و مناطق متغیر بودند.

A.H. Jaehn در سال ۱۹۸۷ چارت کنترل منطقه‌ای (Zone Control Chart) را معرفی نمود. در این چارت نیز از منطقه بندی و سیستم نمره گذاری استفاده می‌شود. سیستم نمره دهی در چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn ثابت بود.

برای نشان دادن کارائی چارت کنترل منطقه‌ای نسبت به چارتهای شوهارت از محاسبهٔ «*میانگین طول دنبالهٔ مورد نیاز برای رسیدن به حالت عدم کنترل*» (ARL) به ازای شیفتهای مختلف استفاده می‌شود. Hendrix در سال ۱۹۸۹، ARL چارتهای کنترلی شوهارت و چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn را با استفاده از تکنیک شبیه سازی کامپیوتری محاسبه نمود. مدل عمومی محاسبهٔ ARL در چارتهای کنترلی شوهارت با استفاده از یک زنجیرهٔ مارکوف توسط Champ و Woodal در سال ۱۹۸۷ معرفی گردید. Davis، Homer و Woodal در سال ۱۹۹۰ نشان دادند که چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn خطای نوع اول بیش از اندازه‌ای دارد و برای بهبود آن اقدام کردند. Fang و Case در سال ۱۹۹۰ برای محاسبهٔ ARL چارت کنترل منطقه‌ای از یک سیستم معادلات ریاضی استفاده نمودند. نهایتاً Davis، Jin و Guo در سال ۱۹۹۱ نشان دادند که برای محاسبهٔ ARL در چارت کنترل منطقه‌ای می‌توان از یک زنجیرهٔ مارکوف استفاده کرد. در ادامه، چارتهای Run Sum و چارت کنترل منطقه‌ای بصورت دقیقتر تشریح شده‌اند.

۲-۱ - بررسی چارت کنترلی Run Sum

چارت کنترلی Run Sum که یکی از ساده‌ترین تستهای دنباله می‌باشد، بوسیلهٔ W. Roberts در سال ۱۹۶۶ معرفی گردید. برای ایجاد و استفاده از این چارت قدمهای زیر دنبال می‌شود.

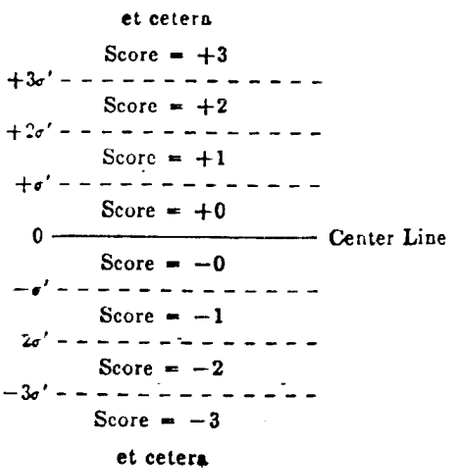
الف) چارت کنترلی به مناطق مجزائی به اندازهٔ ۱σ در بالا و پائین خط مرکزی تقسیم می‌شود.

ب)نمرات مثبت (...، ۲+، ۱+، ۰+) به ترتیب به مناطق بالای خط مرکزی و نمرات منفی (... ، ۲- ، ۱-، ۰-) به ترتیب به مناطق پائین خط مرکزی تخصیص داده می‌شود.

ج) هر مشاهده با توجه به منطقه‌ای که در آن قرار می‌گیرد، نمرهٔ مربوطه را بدست می‌آورد و این نمره با نمرهٔ مشاهدهٔ قبل از آن جمع می‌شود. نمرهٔ اولیه جهت شروع صفر می‌باشد.

د) در صورتیکه تغییری در علامت نمرهٔ تخصیص داده شده به یک مشاهده نسبت به مشاهدهٔ قبل از آن صورت پذیرد (حرکت از بالای خط مرکزی به پائین یا بالعکس) نمره دهی از ابتدا شروع می‌شود.

ه) اگر نمرهٔ تجمعی برای هر مشاهده S باشد، هنگامیکه $|S| \geq K$ گردد، چارت خروج پروسه از کنترل را نشان می‌دهد.K عدد فعالیت نامیده می‌شود. شکل ۱-۱ چارت کنترلی Run Sum را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱ - چارت کنترلی Run Sum

مدل عمومی چارت کنترلی Run Sum توسط Reynolds در سال ۱۹۷۱ معرفی گردید. در این مدل، چارت بصورت زیر مشخص می‌شود.

$RS_K\ [L_0, (S_0), L_1, (S_1), L_2, (S_2), ...]$

که در آن داریم :

L_i = امین خط حدی i

S_i = امین نمرهٔ منطقه‌ای i

RS = نمرهٔ تجمعی

K = حداقل نمرهٔ تجمعی که باعث اخطار دهی چارت می‌گردد .

به مشاهدهٔ X_i نمرهٔ S_i تعلق می‌گیرد اگر داشته باشیم:

$$(\bar{X}' + L_i\delta' < X_j \leq \bar{X}' + L_{i+1}\delta')$$

که در آن δ' انحراف استاندارد از میانگین می‌باشد.

رابطهٔ بین نمرات و حدود بالا و پائین در مدل عمومی چارت Run Sum به صورت زیر می‌باشد:

برای بالای خط مرکزی $0 = L_0 < L_1 < L_2 < L_3 < ....$

$+0 = S_0 < S_1 < S_2 < S_3 < ...$

برای پائین خط مرکزی $0 = L_0 > L_1 > L_2 > L_3 > ...$

$-0 = S_0 > S_1 > S_2 > S_3 > ...$

اگر قدر مطلق نمرات در دو طرف چارت یکسان باشد، چارت متقارن می‌باشد.

با توجه به مدل عمومی چارت Run Sum ، چارت اولیه Run Sum را که یک چارت متقارن می‌باشد می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$RS_K\ [0, (0), 1, (1), 2, (2), 3, (3), ...]$

که در این حالت K می‌تواند مقادیر ۳ و۴ و .... را بدست آورد.

برای محاسبه ARL چارت کنترلی Run Sum به ازای شیفتهای مختلف، یک مدل ریاضی توسط Roberts تعیین شده است. این محاسبات برای چارت کنترلی اولیه با (K = ۴, ۵, ۶) انجام و نتایج آن در جدول ۱-۱ آورده شده است.

	δ (Number of Standard Deviations)							
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
4	223	28	8.5	4.5	2.9	2.5	2.0	1.7
5	684	49	11.7	5.6	3.8	2.9	2.4	2.1
6	2061	87	15.6	6.9	4.5	3.3	2.8	2.4

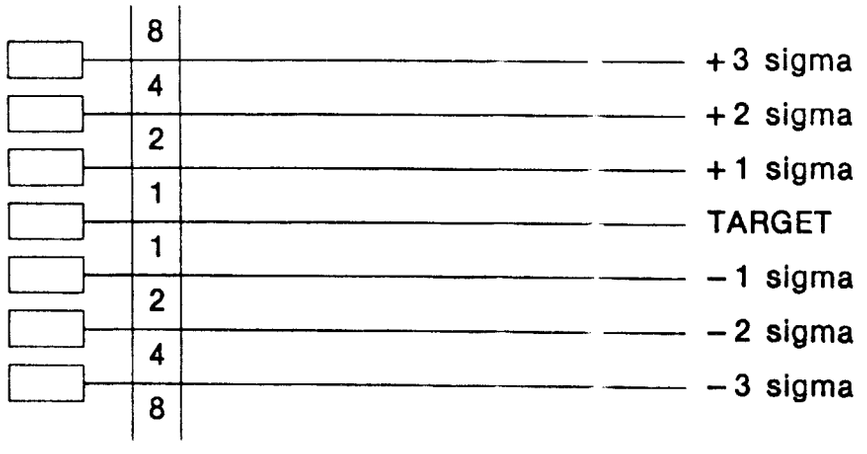
جدول ۱-۱ - محاسبهٔ ARL چارت کنترلی Run Sum

۱-۳ - بررسی چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn (Zone Control Chart)

چارت کنترل منطقه‌ای توسط A.H. Jaehn در سال ۱۹۸۷ معرفی و تشریح گردید و به علت مزایای فراوان استفاده از آن در پروسه‌های تولیدی به سرعت گسترش یافت. چون این چارت می‌تواند در بسیاری از موارد جایگزین چارتهای مرسوم شوهارت گردد و به علت اهمیت آن کلیهٔ مراحل ایجاد، استفاده و کاربرد چارت در ادامه تشریح شده است.

۱-۳-۱ - چگونگی ایجاد چارت

برای ایجاد چارت کنترل منطقه‌ای از ۷ خط مستقیم افقی که چارت را به ۶ ناحیهٔ مساوی به پهنای ۱۵ و مجموعاً به ۸ ناحیهٔ مجزا تقسیم می‌کنند استفاده می‌گردد. به هر ناحیه نمرهٔ خاصی تخصیص داده شده‌است. این نمرات و همچنین جعبه‌هایی که برای ثبت مقادیر هدف (میانگین) و حدود در نظر گرفته شده‌اند در سمت چپ چارت قرار دارند. شکل ۲-۱ نحوهٔ ترسیم چارت و نمرات مربوط به هر منطقه را نشان می‌دهد. این نمرات در طول پروسه ثابت می‌باشند.



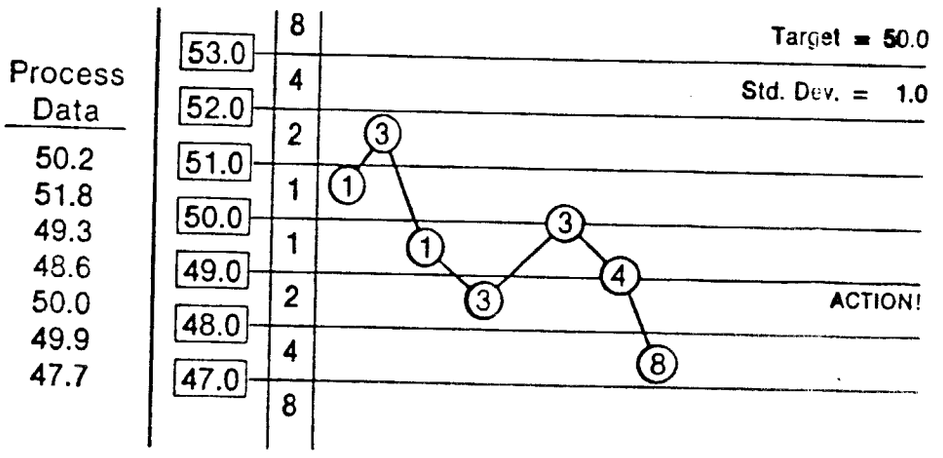
شکل ۲-۱ - چارت کنترل منطقه‌ای Jaehn

۲-۳-۱ - نحوهٔ استفاده از چارت

در چارت کنترل منطقه‌ای بجای رسم نقاط در محلهای واقعی فقط دایره‌هایی در مناطق مربوطه رسم می‌شوند. در ابتدا نمرهٔ منطقه‌ای متناظر با اولین مشاهده در دایرهٔ مربوط به آن نوشته می‌شود. بعد از آن عمل نمره‌دهی بصورت تجمعی ادامه می‌یابد، یعنی همیشه نمرهٔ یک مشاهده با نمرهٔ مشاهدهٔ قبل از آن جمع می‌شود. این روش تا زمانیکه یک مشاهده درسمت دیگر خط مرکزی قرارگیرد و یا هنگامیکه یک فعالیت اصلاحی (action) مورد نیاز باشد، ادامه می‌یابد. پس از برخورد با چنین حالتهایی، عمل جمع زنی نمرات خاتمه یافته و نمره دهی از ابتدا شروع می‌شود.

هرگاه مشاهده‌ای دقیقاً بر روی خط مرکزی قرارگیرد، نمرهٔ صفر بدان تعلق گرفته و در نتیجه نمره تجمعی قبلی مجدداً ثبت می‌شود. همچنین در صورت قرارگرفتن یک مشاهده بر روی یکی از حدود، از قاعدهٔ «کوچکترین نمرهٔ منطقه‌ای» استفاده می‌شود.

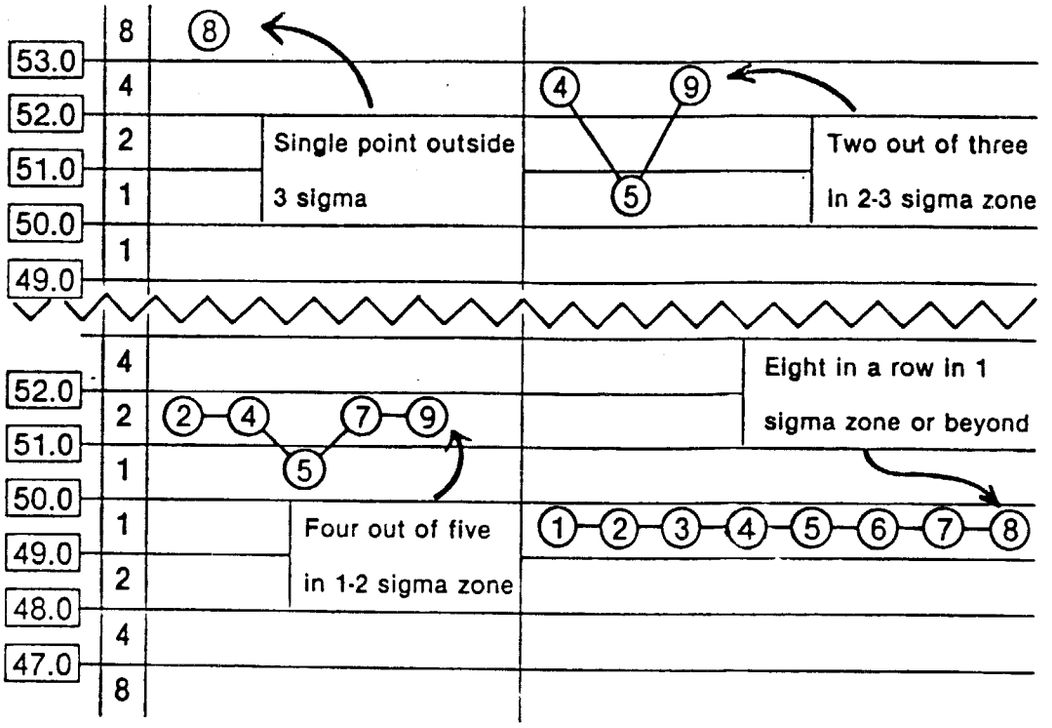
اگر نمرهٔ تجمعی به ۸ رسیده و یا از آن بزرگتر شود، چارت خروج پروسه از کنترل را نشان می‌دهد، در این هنگام پروسه متوقف و نسبت به اصلاح و تنظیم آن اقدام می‌گردد. شکل ۳-۱ نحوهٔ استفاده از چارت برای کنترل میانگین پروسه‌ای با میانگین ۵۰ و انحراف استاندارد ۱ را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱ - نحوهٔ استفاده از چارت کنترل منطقه‌ای

۳-۳-۱ - اصول آماری سیستم نمره گذاری

سیستم نمره‌گذاری چارت کنترل منطقه‌ای با توجه به تستهای دنباله‌ای که برای کنترل پروسه در چارتهای شوهارت استفاده می‌شوند انتخاب شده است. این نمرات با این فرض که پارامتر پروسه دارای توزیع نرمال می‌باشد، مشخص شده‌اند. تستهای فوق و نمرات تجمعی حاصل از آنها در شکل ۴-۱ آمده است. همانطور که مشخص است در هر حالت نمرهٔ تجمعی به عدد ۸ یا بیشتر رسیده و چارت خارج شدن پروسه از کنترل را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت که تستهای دنباله که نشان دهندهٔ خروج پروسه از کنترل می‌باشند به صورت خودکار در چارت کنترلی داخل شده‌اند.



شکل ۴-۱ - تستهای دنباله در چارت کنترل منطقه‌ای