**Применение программы для построения контрольных карт Шухарта в рамках методического обеспечения дисциплины «Методы исследования и моделирования информационных процессов и технологий»**

(Обобщение опыта работы **Голубковой Илонны Валерьевны** преподавателя Пензенского государственного технологического университета (ПензГТУ))

**Теоретической базой опыта** стали исследования в области обеспечения контроля качества при поточном производстве с помощью контрольных карт Шухарта. Данные карты представляют собой временные ряды статистических характеристик или первичных данных измерений параметров изделия. Анализ контрольной карты позволяет выявить является ли процесс стабильным (поддается контролю). В случае выявления стабильности процесса никаких изменений в управлении процессом не требуется. Если же данный процесс не поддается контролю, необходимо определить источник изменений.

**Актуальность.** Включение в учебной процесс практических заданий, направленных на самостоятельное построение контрольных карт позволит студентам более полно и глубоко освоить учебный материал. Исследование появление несоответствий и выходов за контрольные пределы поможет лучше разобраться в причинах их появления. Реализация ФГОС 3 ++ подразумевает формирование у студентов профессиональных компетенций в области информационных технологий, чему способствуют практические занятия направленные на работу с различными программными продуктами.

**Основополагающие принципы данного опыта.** Выполняя задание по построению контрольной карты студенты моделируют состояние поточной линии, анализируют качество ее работы, определяют нарушения и выясняют причины их возникновения. Данные практические задания помогут студентам магистрам по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии» сформировать такие компетенции как способность анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.

Построение и анализ контрольной карты характеризуется формированием дискретизированного временного ряда и проверкой свойств текущего (скользящего) короткого участка этого ряда.

На рисунке 1 приведены примеры стабильного и нестабильного состояний.



Рисунок 1 - Стабильное (управляемое, контролируемое) состояние и нестабильное (неуправляемое, неконтролируемое) состояние

Если на контрольной карте нанесены экспериментальные точки и все 25 точек подряд или 34 и более точек из 35 точек подряд или 98 и более точек из 100 точек подряд лежат внутри границ контрольных линий, то можно считать, что производственный процесс находится в стабильном состоянии.

Если:

- семь точек подряд, или 10 точек из 11 точек подряд, или 12 точек из 14 точек подряд, или 14 точек из 17 точек подряд, или 16 точек из 20 точек подряд располагаются по одну сторону от центральной линии;

- наблюдается тенденция к смещению точек вверх или вниз;

- точки регулярно колеблются вверх – вниз, отыскав причины этого, можно получить важнейшую информацию.

Таким образом, контрольные карты показывают находится ли процесс в стабильном состоянии.

Выделяют контрольные карты для контроля количественных и качественных признаков. Для анализа производства конфет наиболее удобна контрольная карта $\overbar{x}-R$, характеризующая количественные показатели. На ее основе возможна проверка размера, веса, и т.д. Такая карта состоит из контрольной карты $\overbar{x}$, управляющей изменением среднего, и контрольной карты $R$, управляющей изменением размаха [3]. Чтобы построить контрольной карты$ \overbar{x}-R$ необходимы данные, собранные за определенный промежуток времени. Результаты измерений отдельных единиц продукции объединяют в $k $групп ($k$ обычно 20 + 25) объемом 4-5 результатов и измеряют их характеристики. Среднее первой группы обозначают $\overbar{x\_{1}}$, среднее второй группы $-\overbar{x\_{2}}$, среднее группы $k$ $-\overbar{x\_{k}}$. Затем рассчитывают среднее $\overbar{\overbar{x}} $этих средних $\overbar{x\_{1}}$, $\overbar{x\_{2}}$, …, $\overbar{x\_{k}}$ . Оно становится центральной линией контрольной карты $\overbar{x}$. Затем для каждой группы определяют размахи $R\_{1}$,$ R\_{2}$ , …, $R\_{k}$ на основе данных по каждой группе. Среднее $\overbar{R}$ этих $R\_{1}$,$ R\_{2}$, …, $R\_{k}$ выбирается за центральную линию контрольной карты *R*.

Контрольные пределы параметров изделия описаны согласно таблице 1.

Таблица 1 – Контрольные карты и контрольные пределы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название контрольной карты | Что контролируется | Контрольные пределы |
| Верхний контрольный предел (UCL) | Нижний контрольный предел (LCL) |
| Контрольная карта $\overbar{x}$ | Среднее  | $$\overbar{\overbar{x}}+A\_{2}\overbar{R}$$ | $$\overbar{\overbar{x}}-A\_{2}R$$ |
| Контрольная карта *R* | Размах | $$D\_{4}\overbar{R}$$ | $$D\_{3}\overbar{R}$$ |

Здесь $A\_{2}$, $D\_{3}$, $D\_{4}$ – константы, зависящие от объема выборки *n* (граничные коэффициенты); $\overbar{p}$ - процент брака из предыдущих данных; $\overbar{u}$, $\overbar{c}$ - также значения из предыдущих данных.

С помощью формулы таблицы 1, на основе этих данных строят контрольные линии. Граничные коэффициенты $A\_{2}$, $D\_{3}$, $D\_{4}$, использующиеся в формулах таблицы 1, представлены в таблицы 2. При $n\leq 6 $нижний контрольный предел контрольной карты *R* не рассчитывается.

Таблица 2 – Граничные коэффициенты

|  |  |
| --- | --- |
| Объем $n$ выборки одной группы | Коэффициент |
| $$A\_{2}$$ | $$D\_{3}$$ | $$D\_{4}$$ |
| 2 | 1,880 | - | 3,267 |
| 3 | 1,023 | - | 2,575 |
| 4 | 0,729 | - | 2,282 |
| 5 | 0,577 | - | 2,115 |
| 6 | 0,483 | - | 2,004 |
| 7 | 0,419 | 0,076 | 1,924 |
| 8 | 0,373 | 0,136 | 1,864 |
| 9 | 0,337 | 0,184 | 1,816 |
| 10 | 0,308 | 0,223 | 1,777 |

Допустимые уровни строятся методом ”трёх сигм”. Если случайная величина Х имеет нормальное распределение $N\left(μ,σ^{2}\right)$, то

$$P\left(μ-1,96σ<X<μ+1,96σ\right)=0,95$$

Если в правой части уравнения взять 0,99, то получится

$$P\left(μ-2,58σ<X<μ+2,58σ\right)=0,99$$

Округляя коэффициенты перед $σ $в скобках вместо 1,96 – 2, а вместо 2,58 – 3, далее рассуждают так. Отклонения величиной в два стандартных отклонения редки (вероятность менее 0,05), а отклонения величиной в три стандартных отклонения почти не возникают (вероятность менее 0,01).

Вторую половину этого рассуждения можно выразить иначе, а именно, вероятность попадания фактических результатов *X* в пределы “среднее плюс-минус 3 сигма” превышает 99%. То есть вероятность выхода за $3σ$ меньше 1%. Рассмотрим с этой точки зрения контрольную карту $\overbar{x}-R$. При выборке объемом *n*: $X\_{1}$, $X\_{2}$, …,$ X\_{n}$ из нормальной совокупности $N\left(μ,σ^{2}\right) $распределение выборочного среднего $\overbar{X}$ будет тоже нормальным распределением $N\left(μ,σ^{2}/n\right)$. Если даже неизвестно, что генеральное распределение нормально, все равно при большом объеме выборки *n* можно считать, что распределение выборочного среднего $\overbar{X}$ близко к нормальному распределению. Если распределение совокупности не нормально, но сравнительно близко к нему, то даже при небольшом *n* (то есть *n* = 4 или *n* = 5) можно считать, что распределение $\overbar{X}$ весьма близко к нормальному распределению $N\left(μ,σ^{2}/n\right)$. Поскольку стандартное отклонение (сигма) распределения $\overbar{X} $равно $σ/\sqrt{n}$, в данном случае “среднее плюс-минус 3 сигма” имеет вид:

$μ\mp 3\frac{σ}{\sqrt{n}}$.

При этом, если известны $μ$, $σ$, можно следующим образом определить *UCL* (верхний контрольный предел) и *LCL* (нижний контрольный предел):

$UCL=μ+3\frac{σ}{\sqrt{n}}$; $LCL=μ-3\frac{σ}{\sqrt{n}}$

Таким образом строится контрольные пределы на основе метода “3 сигма”. Однако, при этом необходимо знать генеральное среднее $μ $и генеральное стандартное отклонение $σ$. Их оценки рассчитывают по выборочным средним $\overbar{x\_{1}}$, $\overbar{x\_{2}}$, …, $\overbar{x\_{k}}$ $ k$ групп с объемом выборок *n*:

- оценка математического ожидания $μ=\overbar{\overbar{x}}$;

- оценка стандартной ошибки $σ=\overbar{R}/d\_{3}$,

где $d\_{3}- $коэффициент, зависящий только от *n*.

Используя эти оценки, получаем:

Контрольные пределы $\overbar{x}=\overbar{\overbar{x}}\mp \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\overbar{R}}{d\_{3}}$.

Обозначив

$$\frac{3}{\sqrt{n}d\_{3}}=A\_{2}$$

получаем контрольные пределы:

$UCL=\overbar{\overbar{x}}+A\_{2}\overbar{R}$, $LCL=\overbar{\overbar{x}}-A\_{2}\overbar{R}$.

Контрольные пределы для *R* определяются таким же образом на основе метода “3 сигма”. При этом, если нижний контрольный предел окажется отрицательным числом, он в расчет не принимается.

Прогноз возможности выхода за контрольные пределы может быть выполнен с помощью тренда наблюдений. Анализ изменения структуры временного ряда, проведённой по тем же данным, позволит выявить дополнительную информацию о качестве изделий.

**Описание программы**

Общие сведения

Подсистема предназначена для построения и анализа карт контроля качества поточно выпускаемой продукции.

При работе автоматизированной системы в сети на стороне сервера должны быть установлены:

- ОС Windows;

- файл с базой данных.

 При работе автоматизированной системы в сети на стороне клиента должны быть установлены:

- ОС Windows 7 Enterprise;

- файл с разработанным приложением.

Функциональное назначение

Автоматизированная система контроля качества поточного производства должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- ввод данных о средних параметрах качества изделий и хранение данных в таблице формата xls;

- визуальное построение карт контроля качества Х-типа для серийно выпускаемых изделий за задаваемый отрезок времени;

- анализ таблиц о качестве изделий на предмет выхода показателя качества за критические уровни;

- анализ таблиц о качестве изделий на предмет нарушения соотношения между количеством наблюдений в диапазонах от 0 до σ, от σ до 2σ; от 2σ до 3σ.

Текст аналитической части клиентского приложения разработан на языке Python.

Система предназначена для обеспечения мониторинга текущего состояния качества продукции в системе качества предприятия.

Описание логической структуры

Функциональная единица «Визуальное приложение» – это приложение, которое взаимодействует с файлами базы данных под руководством пользователя Оператор.

Функциональная единица «Оператор» – это пользователь, который взаимодействует с приложением.

Используемые технические средства

Данное программное обеспечение предназначено для работы на персональном компьютере со следующими характеристиками:

- операционная система – Windows ХР и выше;

- процессор Intel с тактовой частотой 2048 МГц;

- монитор;

- клавиатура.

Вызов и загрузка

- оперативная память – 4096 Мбайт;

- встроенная видеокарта с видеопамятью 1024 Мб;

Для вызова программного продукта необходимо наличие файла базы данных со значениями показателя качества, сформированного при помощи СУБД Microsoft SQL Server 2008. Загрузка аналитического приложения spc.xla осуществляется в среде MS Excel. На экране появится пользовательский интерфейс. Далее работа осуществляется в соответствии с описанием применения пояснительной записки.

Входные данные

Входными данными для приложения являются сведения о показателе качества и датах, хранящиеся в базе данных.

Выходные данные

Выходными данными являются:

— диаграммы контрольных карт;

— сообщения об обнаруженных нарушениях в структуре контрольной карты (при наличии нарушений);

— сообщения о недопустимых данных (при наличии ошибок данных).

**Варианты заданий для студентов**

Вариантами заданий для студентов служат критерии выявления особых причин.

