

Методология «Шесть сигма»

- Разработана и внедрена фирмой «Motorola»
- Использует проверенные и внедренные инструменты, основанные в основном на статистических методах обработки экспериментальных данных
- На уровне компании проекты «Шесть сигма» разрабатываются с целью кардинального улучшения работы
- Каждый проект реализуется стандартным и систематическим методом DMAIC (Definition—Measurement—Analysis—Improvement—Control)
- или ОИАУК (Определение—Измерение—Анализ—Улучшение—Контроль)
- Имеет программно- информационную поддержку

Методика улучшения DMAIC или OIAUK

- Содержит пять фаз
 1. **Определение** – документированная формулировка проблемы, целей, приоритетов. Запуск проектов
 2. **Измерение** – измерить исходные данные, определить параметры процесса
 3. **Анализ** – проанализировать причинно- следственные связи процесса или системы
 4. **Улучшение** – выполнить модификации, которые обеспечат доказанное улучшение процесса или системы
 5. **Контроль** – создать планы и процедуры для длительного сохранения и поддержания достигнутых улучшений

- Применение методики возможно при соблюдении следующих условий:
- Необходимо изменить образ мышления и эффективность работы каждого работника фирмы
- Необходимо совершенствовать и оптимизировать существующие бизнес и операционные процессы. В эту деятельность вовлечено большое количество работников
- Непосредственная разработка новых процессов. В этой деятельности принимает участие небольшое количество работников
- Управление методикой «Шесть сигма». За эту деятельность отвечают лидеры бизнеса и качества

Жизненный цикл инициативы «Шесть сигма»

- Содержит пять фаз:
 1. **Инициирование:** формулируются цели, создается инфраструктура. Разрабатываются руководящие указания по проектам, финансам, персоналу, контролю, информационной поддержке
 2. **Развертывание** – назначение и обучение персонала. Оснастка рабочих мест необходимым оборудованием
 3. **Реализация** – реализация проектов. Анализ полученных производственных и финансовых результатов
 4. **Расширение** – включение в инициативу дополнительных организационных единиц
 5. **Поддержание** – поддержка инициативы через реорганизацию, повторное обучение, постепенное и постоянное развитие

Основы статистики. Вариации. Представление данных

- В основе статистических методов лежит измерение характеристик процесса
- Результаты измерений обнаруживают изменчивость процесса
- Результат измерений можно представлять в табличной или графической форме. В последнем случае по оси X откладывают значение измеряемой величины, по оси Y – частота ее появления в наблюдении.
- Графическое изображение называют **законом распределения**
- Любое распределение отличается **формой, мерами положения и мерами разброса**
- Чтобы правильно оценивать процесс, выявлять проблемы, вносить корректировки с целью улучшения процесса необходимо знать текущие показатели процесса

Вариации. Меры положения

- Основными мерами положения являются:
 1. **Мода** – значение, которое встречается чаще всего. Ассоциируется с самым высоким пиком распределения. Для оценки процесса используется редко
 2. **Среднее** – (напр., средняя температура). Величина скорее теоретическая. По ней **можно оценивать математическое ожидание генеральной совокупности**. Самая распространенная мера для анализа и прогноза.
 3. **Медиана** – точка на шкале измерений, которая делит количество данных пополам. Если данные содержат выбросы, медиана – предпочтительная мера вариации.

Если данные содержат выбросы и они учитываются при расчете среднего, то наряду со средним следует определять и медиану

Вариации. Меры разброса

- Основными мерами разброса являются:
 1. Размах **R** – разность между наибольшим и наименьшим значением наблюдения. Используется часто.
 2. Дисперсия σ^2 или **S²** – характеризует суммарное среднеквадратичное отклонение вокруг среднего значения. Теоретически широко используется. Размерность меры – квадратичная. Так, если размерность величины секунда, то размерность дисперсии – секунда в квадрате. На практике чаще используется
 3. Стандартное отклонение σ или **S**. Выражается в тех же единицах, что и измеряемая величина. Представляет предполагаемое типичное, среднее расстояние измеряемой величины от ее среднего значения. Эта мера используется чаще всего

Долгосрочная и краткосрочная вариации

- Процесс может отслеживаться в течении длительного промежутка времени. Результат измерений можно отобразить графически. На этом графике мы наблюдаем *долгосрочные вариации*.
- На долгосрочном графике можно выбрать любой краткосрочный период и посмотреть размах. Оказывается, величина размаха краткосрочной вариации для произвольного краткосрочного периода мало меняется, т.е. ***краткосрочная вариация абсолютно случайна***, зависит от большого количества общих причин. Краткосрочная вариация является вариацией по общим причинам. Ее стандартное отклонение по среднему размаху
- (см формулы стр 103)
- Но на процесс действуют различные возмущения неслучайного характера. Поэтому долгосрочная вариация содержит информацию об этих неслучайных причинах вариаций, ее называют вариацией по особым причинам
- Если удастся обнаружить особые причины, то их можно попытаться устранить и тем самым улучшить характеристики процесса. Особыми причинами могут быть износ оборудования, различия в сырье, квалификация персонала и др.

Графическое представление данных

- В технологии «Шесть сигма» к графическим формам отнесены:
 1. Точечные диаграммы
 2. Гистограммы
 3. Ящичные диаграммы
 4. Диаграммы изменения процесса во времени
 5. Диаграммы рассеяния

Точечные диаграммы и гистограммы

1. Позволяют оценить характер распределения (закон распределения)
2. Позволяют оценить самое вероятное значение, моду распределения
3. Позволяет оценить среднее значение – это значение, которое приблизительно делит площадь диаграммы или гистограммы пополам
4. Позволяет определить размах
5. Позволяет определить выбросы – значения, существенно удаленные от зоны концентрации данных

Диаграммы изменения во времени

- Данные наносятся по мере поступления
 - Временные диаграммы позволяют
1. Обнаружить выбросы. Выбросы являются отклонением от нормы
 2. Обнаружить тренд. Тренд – устойчивое изменение во времени среднего процесса
 3. Обнаружить серию. Серии возникают чаще всего из-за дефектов оборудования, проблем калибровки, некоторой совокупности дефектов
 4. Обнаружить сдвиги, скачки. Характеризуют безвозвратно наступившие изменения в системе

Диаграммы рассеяния

- Диаграммы рассеяния – способ анализа связи двух случайных величин X и Y , например между двумя факторами или между воздействием X и результатом Y
- Измерять значение каждой пары x и y следует одновременно
- Пары точек наносятся на графике – **диаграмме рассеяния или поля корреляции**
- **Корреляция** количественно характеризует **силу связи** между двумя случайными величинами
- Если удастся провести **прямую** (линию тренда) через группу точек поля корреляции, то между факторами имеется линейная связь
- Плотная группировка точек вокруг прямой говорит о сильной связи, угол наклона прямой – о направлении корреляции. При наклоне до 90^0 увеличение фактора X вызывает рост фактора Y
- Сила корреляционного эффекта зависит угла наклона прямой – чем круче линия тренда, тем сильнее фактор X влияет на фактор Y

Голоса потребителя и производителя

- Потребитель ожидает от изделия и услуги одну или более характеристик определенного номинала. Это – **голос потребителя**
- Производитель выпускает на рынок изделие или услугу с определенными характеристиками. Это – **голос производителя**
- Голос потребителя влияет на производителя и наоборот. Необходимо, чтобы результат работы производителя соответствовал ожиданиям потребителя.
- Параметры выпускаемой продукции (услуги) называются **спецификациями**.
- Можно выделить **целевое значение ЦЗ** спецификации (номинал, идеал), **нижний (НПС) и верхний (ВПС)** пределы, допуски.
- Согласно традиционному взгляду, все, что вне отрезка **НПС – ВПС** является браком
- Взгляд «Шесть сигма» отражает идею Генъити Тагути, создавшего функцию потерь – по мере удаления характеристики от номинала, и производитель и потребитель терпят убытки, которые изменяются по квадратичному закону
- Основные индексы производительности и воспроизводимости приведены на следующем слайде, в таблице 6.4

Характеристики измерительной системы

- 1. Разрешающая способность измерительной системы** – минимальное приращение процесса, которое измерительная система может обнаружить. Разрешающая способность измерительной системы должна быть хотя бы на порядок меньше спецификации или вариации
- 2. Точность измерения** – степень смещения вариации измерительной системы относительно вариации процесса
- 3. Прецизионность измерительной системы** – величина, которая характеризует ширину разброса измерительной системы относительно вариации измеряемого процесса.
Зависит от:
 - **Повторяемости измерений** – краткосрочная часть вариации измерительной системы, возникающая при неизменном оборудовании и идентичных условиях измерений
 - **Воспроизводимости измерений** – долгосрочная часть вариации. Возникает при измерениях других объектов, других измерительных приборах, других условиях измерений

Методы анализа измерительной системы

1. **Аудит** измерительной системы – это инспекторские проверки с целью обнаружения причин ошибок в измерительной системе. Чтобы увеличить эффективность аудита, необходимо:
 - Точно формулировать критерии проверок
 - Проверку одного объекта должны выполнять несколько инспекторов
 - Большие партии проверяемого оборудования разбить на более мелкие, распределить между несколькими инспекторами
 - Использовать диаграммы Парето для выявления двух- трех главных факторов вариаций измерительной системы
 - Использовать средства автоматизации при проведении аудита

Методы анализа измерительной системы

- **2. Анализ измерительной системы непрерывных данных**
- Общая вариация процесса состоит из фактической вариации и вариации измерительной системы
- $$\sigma^2_{\text{наблюдаемая}} = \sigma^2_{\text{измерения}} + \sigma^2_{\text{фактическая}}$$
- Для правильной оценки дисперсии измерительной системы требуется два- три инспектора и пять- десять результатов измерений. Далее каждый из инспекторов два- три раза измеряет каждый результат. Данные заносятся в таблицы и обрабатываются методами дисперсионного анализа. При возможности, следует пользоваться инструментами статистического анализа Excel, Minitab или JMP

Наблюдательные исследования

- Цель исследования – выявление (идентификация) всех потенциальных входных факторов X , влияющих на результат Y
- Первый шаг – сбор данных по всем потенциальным входным и выходным переменным. Результаты наблюдений заносятся в таблицы. Данные заносятся в естественном виде
- Для выявления наиболее значимых, критичных входных факторов часто применяется диаграмма «ящик с усами». Она наглядна, имеет компьютерную поддержку (Excel, Minitab, JMP)
- Другие методы, внедренные в методику «шесть сигма» :
 - - метод многопеременных исследований. Позволяют изучить одномоментное влияние нескольких входных переменных на результат
 - - диаграммы основных эффектов. Позволяет исследовать основной эффект переменной и его основные уровни на результат
 - - диаграммы эффектов взаимодействия. Позволяет оценить влияние переменной в комбинации с другими входными переменными

Экспериментальные исследования и улучшение процесса

- При экспериментальных исследованиях входные факторы системы целенаправленно устанавливаются с целью управления процессом
- Эксперимент проводится по специально разработанному плану. Разработка эксперимента (РЭ) – техническая основа методики «Шесть сигма»
- Эксперимент обеспечивает больший уровень понимания процесса, чем наблюдательные исследования
- Цели экспериментов «Шесть сигма»:
 - 1. Определить входные факторы X , существенно (значимо) влияющие на результат Y
 - 2. Выразить количественно зависимость между значимыми факторами X и результатом Y
 - 3. Статистически подтвердить, что в системе произошли изменения или улучшения
 - 4. Определить значения значимых X таким образом, чтобы их комбинированный эффект привел к оптимальному Y

Планирование эксперимента

- Ключевые элементы подхода «Шесть сигма»:
 1. Планирование эксперимента до его проведения
 2. Одновременное изучение эффекта более чем одной входной переменной
 3. Минимизация количества необходимых циклов в эксперименте
 4. Возможность повторения ключевые экспериментальные условия для оценки вариации
 5. Возможность учета известных и неизвестных факторов, которые не включены в эксперимент

Планирование эксперимента

Эффективный, стабильный эксперимент возможен только при поступательном, итерационном подходе:

первыми проводятся отсеивающие эксперименты – определяются значимые факторы

вторыми проводятся характеризующие эксперименты – определяется и количественно оценивается значимых факторов

в последнюю очередь проводятся оптимизирующие эксперименты – определяются значения значимых факторов, которые оптимизируют процесс

Известными методами планирования, выполнения и анализа эксперимента являются 2^k факторные эксперименты, дисперсионный анализ (ANOVA), методы поверхностных откликов (RSM) и оптимизации, дробные факторные эксперименты

2^K- факторные эксперименты. Планирование

- Суть эксперимента – устанавливаются K входных факторов. В эксперименте устанавливаются только два уровня – низкое значение и высокое значение. Количество циклов равно **2^K**
 - Планирование выполняется в несколько последовательных этапов
1. **Выбор экспериментальных факторов** – выбор входных факторов X, включаемых в эксперимент. Их должно быть от двух до пяти
 2. **Установка уровней факторов** - определяется низкий и высокий уровень для каждого фактора
 3. **Экспериментальные коды и матрица плана** – для каждого цикла устанавливается уровень каждого фактора. Комбинация факторов должна быть уникальна. Уровни факторов можно закодировать: -1 – низкое значение; +1 – высокое значение.
План эксперимента оформляется в виде таблицы, ***матрицы плана***

2^к- факторные эксперименты. Выполнение

- Непосредственно перед выполнением эксперимента выполняется
1. **Рандомизация** - предпринимаются действия, позволяющие компенсировать влияние неизвестных факторов (помех). Порядок следования циклов устанавливается случайным образом, как бы «перемешивается»
 2. **Блокирование** - позволяет включить фактор, который может служить источником помех. Например, установить фиксированное время проведения эксперимента
 3. **Выполнение эксперимента** – собственно сбор данных в соответствии с планом, заполнение соответствующих таблиц с результатами эксперимента

2^К- факторные эксперименты. Анализ результатов

- По результатам эксперимента проводятся соответствующие вычисления, строятся графики, которые позволяют в наглядной форме увидеть результаты эксперимента и оценить влияние отдельных факторов на процесс.
- Анализ результатов проводится в четыре шага:
 1. Рассчитываются **эффекты от основных факторов**. Строятся графики по основным эффектам. По графикам определяются наиболее значимые эффекты.
 2. Рассчитываются **эффекты взаимодействия** двух и более факторов. Строятся графики эффектов взаимодействия
 3. Методом ранговой корреляции выявляются **значимые эффекты**. Для этого проводятся соответствующие вычисления и строится график нормальной вероятности для всех эффектов
 4. Вычисляют коэффициенты **уравнения многофакторной регрессии**. Используют полученное уравнение для **корректировки процесса**

«Шесть сигма». Фаза контроля

- На фазах Измерение – Анализ – Улучшение были получены входные и выходные параметры процесса, которые позволили его улучшить
- Для того, чтобы полученные результаты закрепить, необходим систематический контроль, встроенный в сам процесс.
- В практике «Шесть сигма» для этого используются следующие инструменты:
 1. Сводная таблица управления процессом. Обеспечивает наглядный контроль всех **критичных** (для качества) **выходных параметров** процесса
 2. Сводная таблица плана контроля процесса. В план контроля как правило включают **критичные для качества входные параметры процесса**.
 3. Инструмент статистического контроля процесса – **контрольные диаграммы или контрольные карты Шухарта**. Контрольные диаграммы позволяют анализировать управляемость текущего процесса, а также могут использоваться для анализа его воспроизводимости

Инструменты практика «Шесть сигма»

- Принято выделять две основные группы инструментов практика «Шесть сигма»
 1. Инструменты **оптимизации процессов**. Позволяют разработать, моделировать и оптимизировать рабочие процессы.
 2. Инструменты **статистического анализа**. Позволяют анализировать данные, собранные либо при наблюдении за процессом в реальных условиях, либо при моделировании или экспериментировании.

Большинство перечисленных инструментов имеют компьютерную поддержку в виде профессиональных продуктов. Или могут быть созданы на корпоративном уровне с использованием Excel, MathCAD, Statistica и др.

Инструменты оптимизации процессов

Инструмент	Назначение
1. SIPOC	Создание подробной карты процесса с указанием важных моментов по ключевым элементам
2. Дерево критичных факторов	Поиск и отображение частей процесса согласно их значимости
3. Моделирование	Разработка процессов: поток операций, последовательность операций, контрольные точки
4. Воспроизведение модели	Создание модели в соответствии с п.3. Поиск дефектов, ошибок, узких мест, вариаций
5. Причинно-следственная матрица	Аналогично диаграммы Исикавы, в матричной форме
6. Причинно-следственная диаграмма Исикавы	Выявление потенциальных причины и факторы процесса
7. Анализ эффектов отказов (FMEA)	Определение потенциальных отказных режимов и вероятности их появления
8. Анализ способности и сложности	Анализ баланса между способностью продукта и его сложностью
9. Планы	Используя результаты п. 4, разработать планы по сбору и обработки данных

Инструменты статистического анализа

Инструмент	Назначение
1. Инструменты МС	Описательные статистики – меры положения и разброса
2. Диаграммы и графики	Гистограммы, диаграммы Парето, контрольные карты
3. Временные ряды	Анализ данных во времени – тренды, разложения, скользящее среднее
4. Дисперсионный анализ	Анализ дисперсий, связи между переменными
5. Разработка экспериментов РЭ, (DOE)	Систематическое исследование переменных процесса, влияющих на качество
6. Анализ способности процесса	Определение численной способности процесса соответствовать ожиданиям
7. Регрессия	Определение силы связи между результатом Y и одним или несколькими входными факторами X
8. Многомерный анализ	Анализ измерений различных позиций или объектов. Графическое изображение связей
9. Исследовательский анализ	Исследование данных до применения статистических инструментов
10. Анализ измерительной системы (MSA)	Анализ точности и прецизионности измерителей
11. Надежность, живучесть	Ускоренные ресурсные испытания, анализ характеристик

Статистические инструменты. Диаграммы и графики

Диаграмма, график	Описание
1. Гистограмма	Столбиковая диаграмма, показывающая распределение
2. Точечная диаграмма	Разновидность гистограммы
3. Диаграмма Парето	Столбиковая диаграмма по убыванию столбиков. Выявляет критичные входные факторы
4. Диаграмма рассеяния	Показывает связь между двумя переменными и природу этой связи
5. Матричная диаграмма	Матрица диаграмм рассеяния. Показывает связь между несколькими парами переменных
6. Трехмерная диаграмма рассеяния	Одновременная оценка связи между тремя переменными
7. Интервальная диаграмма	Диаграмма с интервалами (столбиками ошибок). Показывает центральную тенденцию и изменчивость
8. Ящичная диаграмма	Сравнение выборочных распределений на одной диаграмме
9. Накопленная диаграмма (CDF)	Пошаговая накопленная гистограмма, на которую наложена подогнанная функция нормального распределения. Используется для подбора распределения данных

Статистические инструменты. Диаграммы и графики

Диаграмма, график	Описание
10. Вероятностная диаграмма	Диаграмма рассеяния, на которую наложена вероятностная функция накопленного распределения. Показывает, как близко данное распределение соответствует данным
11. Диаграмма временных рядов	График данных, распределенных во времени. Используется для оценки закономерностей во времени. По оси X откладывается время
12. Маргинальная диаграмма	Диаграмма рассеяния, совмещенная с гистограммами или с ящичными диаграммами. Используется для оценки связи между двумя переменными и оценки распределений этих переменных

Статистические инструменты. Временные ряды

- Анализ временных рядов тесно связан с управлением и мерами улучшения. Методики «Шесть сигма» используют следующие инструменты для исследования временных рядов:
 1. **Поиск трендов.** Анализ исторических данных, наблюдение трендов
 2. **Прогнозирование.** По текущим показателям процесса прогнозируются будущие
 3. **Разложение.** Разбиение трендов на группы и выделение повторяющихся схем
 4. **Скользящее среднее.** Вычисление среднего значения последовательных наблюдений и анализ тренда во времени. Инструмент **скользящее среднее (АРСС, ARIMA)** отыскивает невидные на графике закономерности.
 5. **Экспоненциальное сглаживание.** С помощью АРСС сглаживают данные временного ряда, вычисляют средний уровень и тренд
 6. **Автокорреляция.** Обнаружение повторяющихся закономерностей в данных временного ряда.
 7. **Кросс-корреляция.** Рассчитывают связь между двумя временными рядами. Строят диаграмму этой связи

Статистические инструменты. Дисперсионный анализ (ANOVA)

- Дисперсионный анализ включает следующие статистические инструменты:
 1. Однофакторный двухфакторный дисперсионный анализ
 2. Анализ средних
 3. Сбалансированный дисперсионный анализ (общая линейная модель)
 4. Полногнездовой дисперсионный анализ
 5. Многомерный дисперсионный анализ для одновременной проверки равенства средних по разным откликам (MANOVA)
 6. Тест на равенство дисперсий – определение разности дисперсий для выборки из генеральных совокупностей с разными средними значениями

Статистические инструменты. Анализ допусков

- Анализ допусков используют в тех случаях, когда для правильного функционирования системы и удовлетворении ожидания потребителей детали или компоненты должны максимально точно соответствовать друг другу.
- Является частью программы **разработки возможностей производства** (DFM). Эта программа изучается на специализированных курсах (DFSS)

Статистические инструменты. Разработка экспериментов (РЭ, DOE)

- Статистическое исследование переменных, влияющих на процесс, проводится в экспериментальных условиях. Эксперименты – это мини-проекты, стоят денег и времени. Следует их проводить очень тщательно. Набор инструментов, помогающих разработке эксперимента.
 1. **Факторный план.** Построение факторного плана позволяет одновременно изучить влияние на процесс нескольких факторов, так как позволяет одновременно менять несколько факторов
 2. **Поверхность отклика.** Исследуется влияние немногочисленных
 3. **Схемы Тагути.** Авторская методика Генъити Тагути . Позволяет подобрать значения входных параметров, при которых продукт или процесс не зависят от помех, становятся робастными.

Статистические инструменты. Анализ способности процесса

- Анализ способности процесса сравнивается голос процесса с голосом потребителя. Это ответ на вопрос – отвечает ли процесс спецификациям при условии его управляемости, подконтрольности.
- Инструменты анализа, нашедшие наиболее широкое применение, приведены в таблице инструментов анализа способности процесса

Статистические инструменты. Анализ способности процесса

• Таблица инструментов анализа способности процесса

Инструмент	Применение
1. Нормальный анализ	Анализ способности нормально распределенного процесса
2. Анализ распределений, отличных от нормального	Анализ способности процесса, когда данные не отвечают нормальному распределению
3. Межгрупповой и внутригрупповой анализ	Анализ способности процесса для межгрупповой и внутригрупповой вариации
4. Многопеременный анализ	Анализ способности процесса, когда все непрерывные переменные распределены нормально
5. Биномиальный анализ	Анализ процесса при распределении данных по биномиальному закону. Исследуется количество дефектных объектов в выборке
6. Пуассоновский анализ	Анализ количества дефектов в зависимости от времени
7. Шестидиаграммный набор способности	Набор из шести диаграмм, которые совместно содержат ключевые метрики процесса

Статистические инструменты. Регрессионный анализ

Статистической называют зависимость, при которой изменение одной из величин влечет изменение распределения другой. В частности, статистическая зависимость проявляется в том, что при изменении одной из величин изменяется среднее значение другой; в этом случае **статистическую зависимость называют корреляционной.**

Регрессионный анализ заключается в определении аналитического выражения связи, в котором изменение одного фактора обусловлено влиянием второго фактора.

Исследование начинают в предположении, что зависимость линейна. Классической является линейная модель парной регрессии (регрессии с одной переменной). Нормальную линейную модель парной регрессии записывают

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Здесь β_0 – среднее значение результативного признака Y_i при условии, что факторный признак X_i равен нулю; β_1 – параметр регрессии; ε_i – случайная ошибка уравнения регрессии. Коэффициенты β_0 и β_1 вычисляют при помощи метода наименьших квадратов. При этом полагают ε_i равной нулю.

Имеется ряд инструментов для вычисления параметров регрессии: метод наименьших квадратов; метод частных наименьших квадратов; метод пошаговой регрессии; методы подгоночных линий

Статистические инструменты. Анализ измерительной системы

- Анализ измерительной системы проводится с целью определить долю погрешности измерительной системы в общей погрешности результата.
- Анализом измерительной системы занимаются специализированные измерительные лаборатории. Оценивается **точность** и **прецизионность** измерительной системы.
- Для оценки точности проводятся исследования «Калибровка линейности», «Калибровка смещения», «Калибровка стабильности».
- Для оценки прецизионности проводится исследование «Калибровка повторяемости и воспроизводимости».
- Все исследования проводятся при помощи статистических инструментов.

Программное обеспечение для статистического анализа

- На имеется более 120 программных продуктов для статистического анализа, среди них много корпоративных разработок. Лидирующими программными продуктами являются:
- **Minitab.** Безусловный лидер. Minitab преподают в учебных заведениях, корпорациях. Позволяет применять все вышеизложенные статистические инструменты. Рекомендован ведущими консультантами «Шесть сигма». Только на платформе Windows.
- **JMP.** Разработан фирмой SAS Institute. Профессиональный статистический пакет, который по функциям соперничает с Minitab. Поддерживается Windows, Macintosh, Linux
- **Excel.** Пользователю приходится самому программировать инструмент

Программное обеспечение для оптимизации процессов

- Выделяют два класса инструментов оптимизации процессов:
 1. Анализ бизнес-процессов (BPA). Позволяют моделировать процессы, составлять карту процесса, воспроизводить процессы на модели и анализировать результаты.
 2. Управление бизнес-процессом (BPM). Позволяют подключиться к информационным системам организации и провести измерения и контроль процессов.

Ведущие инструменты управления процессами:

- **Traxion.** Всестороннее управление бизнес-процессами с возможностью моделирования и воспроизведения модели
- **iGrafx.** Создание карт процесса и его воспроизведения на модели. Самый распространенный продукт
- **SigmaFlow.** Моделирование и воспроизведение на модели ориентировано на бизнес-среду.
- **Visio.** Используют для построения карт процессов
- **3-Cs Explorer.** Позволяет проводить анализ способности-сложности
- **Varux.** Единственный пакет для анализа допусков