

the LF exposure time before measurement is either fixed (usually 60 minutes) or determined automatically by a goniophotometer according to the magnitude of the change in light intensity over a selected time interval (as a rule, the change in light intensity is less than 0.5 % in the last 15 minutes). However, in practice, the LF exposure time before measurement is either fixed (usually 60 minutes) or determined automatically by a goniophotometer according to the magnitude of the change in light intensity over a selected time interval (as a rule, the change in light intensity is less than 0.5 % in the last 15 minutes)

As a result of metrological modeling, an uncertainty estimation technique was developed, as well as

a computer program that makes it possible to automate the process of research, analysis, integration and documentation of uncertainties in subsequent measurements. Given the current needs of accredited laboratories in documenting laboratory activities their automation is also an important factor.

Similar uncertainty estimation techniques have been developed for light intensity and reflectance measurements. During this process we made the conclusion about automation and design of special computer programs which allow to make all the calculations and documents more quickly. That is our next direction of scientific activity.

УДК 004.744.6:006

## ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА ПОСТОЯННОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Серенков П.С.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Основная, проверенная жизнью стратегия устойчивого развития организации базируется, прежде всего, на принципе постоянного совершенствования – повторяющейся деятельности по повышению способности выполнить требования. Технической базой постоянной нацеленности на улучшение выступают полноценные информационные потоки, выстроенные синхронно с процессами сети процессов СМК. Подобная организация системы сбора и анализа данных обеспечивает руководству организации на всех уровнях иерархии возможность на основе информации о качестве, последующего анализа данных, разрабатывать эффективные корректирующие или предупреждающие действия.

Причинами, вызывающими необходимость совершенствования СМК и ее процессов, могут выступать результаты мониторинга и полного анализа, свидетельствующие о критических изменениях в системе, или изменившиеся требования к системе.

Процесс совершенствования процессов в рамках СМК в соответствии с классическими принципами менеджмента качества процессного и системного подходов, с одной стороны, и установленными критериями соответствия, с другой стороны, может быть реализован по одному из двух направлений:

- через совершенствование структуры самого процесса,
- через совершенствование ресурсов, участвующих в процессе.

Существует два подхода к совершенствованию процессов, продукции, систем:

- совершенствование через серию мелких улучшений (подход Кайцен).

– реинжиниринг, принципиальные изменения как процесса, так и организационной структуры управления (подход Кайрио).

Между этими подходами нет противоречий. Они взаимно дополняют друг друга. Совместное последовательное применение двух путей улучшений позволяет организациям достигать существенных конкурентных преимуществ.

В докладе сделан упор на развитии научно-методического обеспечения наиболее массового подхода к улучшению процессов – подхода Кайцен.

Типичной ситуацией для его применения может считаться следующая. Мониторинг производственного процесса выявил статистически значимое наличие дефектов производимой продукции. В производстве партии продукции, задействованы несколько однотипных единиц технологического оборудования, соответственно несколько операторов. Партия продукции производилась в течение нескольких дней, применялись комплектующие от различных поставщиков.

### Общий подход к совершенствованию

Для оценки и анализа показателей результативности процессов различного назначения традиционно используется информация о законе распределения их значений. Идентификация действительного закона распределения значений показателя результативности процесса – начальный этап выбора тактики совершенствования процесса.

С учетом специфики решаемой задачи совершенствования рациональна следующая классификация законов распределения показателей результативности процессов:

- специальные (закон эксцентриситета (Релея), модальный, антимодальный, экспоненциальный и др.);

– близкие к нормальному (распределению Гаусса).

Основанием предложенной классификации законов распределения является их способность к идентификации «наличия – отсутствия» доминирующих факторов исследуемого процесса, влияющих на показатель его результативности.

С этой точки зрения специальные законы рационально объединить в одну группу по причине того, что каждый из них отражает специфическое влияние одного или нескольких доминирующих факторов процесса на значение показателя результативности.

Например, специфическая форма закона распределения эксцентриситета (Релея) отражает особенности технологических процессов обработки (точения, шлифования) номинально соосных цилиндрических поверхностей в части «формирования» отклонений от соосности осей или биения поверхностей деталей.

Группа законов распределения, близких к нормальному, рационально объединить в одну группу по причине того, что все они отражают приблизительно одинаковый механизм формирования значений случайной величины.

Механизм, лежащий в основе формирования нормального распределения, можно представить следующим образом: имеется бесконечное число независимых случайных факторов процесса (характеристик ресурсов, применяемых для его реализации), которые вносят приблизительно одинаковый вклад в значения наблюдаемого показателя результативности процесса.

Очевидно, что корректная идентификация одной из двух групп законов распределения показателя результативности процесса как случайной величины – ключ к определению тактики совершенствования процесса, которая ассоциируется, прежде всего, с идентификацией «наличия-отсутствия» доминирующих факторов в анализируемом процессе. В условиях наличия таковых последующая задача совершенствования сводится к количественному анализу факторов процесса типа параметры технологии, оборудование, операторы, условия и т. д. и воздействию на них.

В докладе представлена методика реализации подхода Кайцен к улучшению процесса в рамках СМК, включающая решение трех задач:

**1 задача** – идентификация наличия доминирующих факторов анализируемого процесса. Решение – проверка соответствия закона распределения значений показателя результативности процесса закону распределения Гаусса (или близким ему).

Оценку на нормальность распределения рекомендуется проводить для надежности по нескольким критериям, каждый из которых имеет свою мощность в определенных условиях.

Наиболее часто применяется оценка по критерию  $\chi^2$ -квадрат Пирсона и  $\lambda$  Колмогорова-Смирнова.

Можно говорить о двух возможных ситуациях по результатам проверки соответствия:

**1 ситуация.** Результат проверки соответствия – закон распределения нормальный. Следовательно, ни один из влияющих факторов не имеет доминирующего значения. Все факторы процесса одинаково влияют на результат. При этом возможны 2 случая:

Случай 1. Процесс имеет нормальное распределение, но находится в статистически неуправляемом состоянии, индекс воспроизводимости  $C_p \leq 1,33$ . Вывод: процесс «серьезно болен». Все факторы одинаково неблагоприятны. Для решения этой проблемы необходим реинжиниринг – кардинальный подход «Кайрио».

Случай 2. Процесс имеет нормальное распределение и находится в статистически управляемом состоянии, индекс воспроизводимости  $C_p > 1,33$ . Вывод: процесс «здоров». Все факторы одинаково благоприятны. Проблем нет, следует продолжать мониторинг процесса в ослабленном режиме.

**2 ситуация.** Результат проверки соответствия – закон распределения отличается от нормального. Следовательно, один или несколько факторов процесса вносят доминирующий вклад в значения наблюдаемой переменной.

Это тот самый случай, когда подход Кайцен является наиболее эффективным решением проблемы. Задача совершенствования сводится к поочередному количественному анализу факторов процесса. Факторами могут выступать: технологии, оборудование, операторы, условия и т. д.

**2 задача** – сравнение влияния двух реализаций доминирующего фактора процесса на математическое ожидание показателя его результативности в условиях повторяемости. Решение – проверка гипотезы о равенстве выборочных средних значений (Например, одинаково ли настроены на размер однотипные станки, используемые в потоке производственного процесса?).

Суть данной задачи – использовать критерийные оценки для количественного анализа различия математических ожиданий показателей результативности процесса, в условиях его альтернативных реализаций. Например, при использовании двух типов технологических процессов или двух единиц технологического оборудования, двух операторов и т. д. Проверку гипотезы рекомендуется проводить с помощью критерия  $t$ -критерия Стьюдента.

Проверка гипотезы о равенстве выборочных средних значений позволяет сделать объективный вывод, например, о том, настроены ли сравниваемые две единицы технологического оборудования на размер одинаково или нет. В последнем случае принимается решение о корректирующих действиях по подналадке оборудования.

**3 задача** – сравнение влияния двух реализаций доминирующего фактора процесса на дисперсию значений показателя его результативности в условиях повторяемости. Решение – проверка гипотезы о равенстве выборочных дисперсий или стандартных отклонений.

Суть данной задачи – использовать критериальные оценки для количественного анализа различия дисперсий показателей результативности процесса, в условиях его альтернативных реализаций. Проверку гипотезы рекомендуется проводить с помощью критерия  $F$ -критерия Фишера.

Проверка гипотезы о равенстве дисперсий позволяет сделать объективный вывод, нап-

пример, о том, значимо ли различие в разбросе значений показателя результативности процесса, продукция которого была произведена различными операторами, в различные смены, с помощью комплектующих от различных поставщиков и т. п.

В случае значимости различий в разбросе значений показателя результативности процесса принимается решение о поиске корректирующих действий в отношении выявленных влияющих факторов.

Представленная методика реализации подхода Кайцен может рассматриваться в качестве основы для совершенствования процесса.

УДК 621.791

### ШКАЛА РЕЙТИНГОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА

Серенков П.С., Романчук В.М., Архипенко П.Р.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

В докладе по результатам анализа возможностей различных теорий сделан вывод о рациональности использования репрезентативной теории измерений, как наиболее сформировавшейся в части общих представлений, подходов, методов, аксиоматики. Данная теория предполагает, что измерить субъективную величину можно только в номинальной или порядковой шкалах [1].

Возможности числовой системы порядковой шкалы не соответствуют потребностям специалистов в области качества, использующих субъективные измерения для решения задач анализа и принятия решений. Т.е. при сборе первичной информации (опросе экспертов) регистрировать оценки (в числовой или иной форме) с приемлемой степенью достоверности возможно максимум в ранговой шкале. А для решения задач анализа и принятия решений, требующих применения логико-математических моделей, оценки должны быть выражены минимум в шкале интервалов.

Наилучшее решение данной проблемы заключается в использовании промежуточных шкал, обладающих свойствами как порядковой, так и интервальной шкал. Существование шкал с подобными свойствами теоретически обосновано В.Я. Крейнвичем [2]. Допустимый вид функции отображения  $f$  в этих шкалах – дробно-линейные алгебраические преобразования. Подобными свойствами обладают так называемые ассоциативные шкалы. Ассоциативные шкалы на всем диапазоне измерений позиционируются как порядковые, но на малых участках (в пределах двух соседних рангов) обладают свойствами интервальных шкал. Для данного типа шкал исследуемое свойство объектов оценивается по

некоторому другому свойству, измеряемому в метрической шкале.

Следует отметить, что задача формализации промежуточных шкал как полноценных систем измерений нефизических величин, обладающих свойством общезначимости, остается нерешенной до конца. В частности, по причине невозможности указать общий вид допустимых преобразований в аналитической форме.

В рамках проводимых нами исследований предпринята попытка создания методологии субъективных измерений нефизических (неаддитивных) величин и представления их отношений в шкале интервалов, которая обеспечивает логико-математическую корректность алгоритма измерений и применяемых методов обработки и интерпретации информации, что, в конечном счете, позволяет говорить об общезначимости сформулированной системы измерений.

Была выдвинута гипотеза о том, что для того чтобы из эмпирической системы, где снятие информации идет в шкале рангов, перейти к числовой системе, где возможно манипулирование этими данными по правилам шкалы интервалов. Для решения этой задачи необходима промежуточная шкала, которую мы назвали шкалой рейтингов.

Шкала рейтингов – это шкала рангов, отличие и особенность которой заключается в том, что расстояние между рангами неизвестно, но постоянно и вот это постоянство интервалов в шкале рангов позволяет нам перейти из шкалы рейтингов эмпирической системы в шкалу интервалов в числовой системе корректно описывающей поведение оцениваемых объектов.

В основу методологии положены следующие фундаментальные элементы: