

УДК 658.562

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ПРОЦЕССА АУДИТА НА ОСНОВЕ ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОМ ТАГУТИ

© 2024 В. В. Яценко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 04.11.2024

Процесс оценки является ключевой составной частью деятельности, входящей во многие производственные и непроизводственные процессы. В статье рассматривается план предстоящего исследования факторов, влияющих на качество процесса оценки, вносящего значимый вклад в результативность процесса аудита систем менеджмента качества (СМК). Рассматривается возможность оптимизации указанных факторов на основе метода робастного¹ параметрического проектирования (РПП), разработанного Гэнити Тагути [1]. Обсуждаются возможность² и ограничения ортогонального планирования экспериментов РПП в данном исследовании. На основании принятого в исследовании определения термина «качество оценки» составлен перечень факторов, влияющих на результативность процесса оценки объекта на его соответствие требованиям (ООСТ). Определены состав и структура этих факторов. Показано, что процесс ООСТ, обладает свойствами, характерными для области предоставления услуг, качество которых обеспечивается только их предварительной валидацией, т.е. до начала взаимодействия со стороной, заинтересованной в результатах процесса ООСТ (например, потребителем, заказчиком оценки, аудита и др.). Показано, что одной из причин отказов (невыполнение идеальной функции оценки – отсутствие ошибок 1–го и 2–го рода) является отсутствие робастности идеальной функции ООСТ при воздействии на неё различных видов помех, или шумов (далее в тексте – шумов). Предложено в качестве валидации процесса ООСТ применять к нему РПП до начала его взаимодействия с потребителем. В качестве входных сигналов при РПП предложено использовать референтные ситуации аудита (РСА), обладающие эталонными свойствами. Разработана концепция исследования, включающая внутренний и внешний ортогональные планы эксперимента проектирования процесса ООСТ для последующего выбора его оптимальных условий на основе данных об оценках отношения «сигнал/шум» – S/N (дБ) для разных комбинаций факторов, влияющих на ООСТ. Приводятся примеры, демонстрирующие ход обработки данных, которые могут быть получены в рамках эксперимента для расчета соотношения S/N для разных комбинаций факторов, влияющих на ООСТ и, как следствие, на процесс аудита.

Ключевые слова: оценка объекта на соответствия требованиям по альтернативному признаку, аудит, РПП, РСА, ортогональные планы Тагути.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-96-108

EDN: HGPAUL

ВВЕДЕНИЕ

Процесс ООСТ является ключевой составной частью деятельности, входящей во многие производственные и непроизводственные процессы. В данной статье рассматривается процесс ООСТ в рамках процесса аудита, который, в свою очередь, применяется как для производственных процессов (например, технологических), так и для непроизводственных процессов (например, проектирование [2]; закупка оборудования, комплектующих; управление персоналом и др.) Термин «аудит» определен международным документом [3] как «систематически осуществляемый, независимый и документируемый процесс получения объективных свидетельств и их

объективного оценивания в целях установления (определения) степени соответствия критериям аудита». При этом, объективное свидетельство определяется как «данные (факты об объекте), подтверждающие существование или истинность чего-то». Там же определена информация как – «значимые данные». Таким образом, любые исследования качества деятельности по оценке объекта связаны с качеством информации об объекте оценки и, как следствие, объекте аудита.

Современное состояние института аудита характеризуется как кризисное, поскольку доверие к отрасли предоставления аудиторских

¹ англ. robustness, от robust – «крепкий», «сильный», «твёрдый», «устойчивый»

² Возможность (терм. ГОСТ Р ИСО 9000-2015[3]) – это способность объекта (3.6.1) получить выход (3.7.5), который будет соответствовать требованиям (3.6.4) к этому выходу

Яценко Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и систем качества. E-mail: berater51@list.ru

услуг подорвано [4–9]. Пробел в управлении качеством аудита стимулировал активность научного сообщества в этом направлении, что отражено в многочисленных источниках (см. например, [5–9]). Проблема оценки качества аудита даже привела к появлению такого термина, как «маскарад аудита» [9], когда аудиты обеспечивают бюрократический комфорт, а не устранение проблем с безопасностью. На основе анализа литературных данных можно выделить двуединую проблему, которая привела к указанному кризису: отсутствие согласованных в международной практике термина «качество аудита» и метода оценки качества аудита.

В [5–8] содержатся обзоры информации, в которых обсуждаются два подхода к измерению качества аудита: прямой и косвенный. Прямой подход основан на ошибках, допущенных аудиторами и обнаруженных после аудита. Косвенный подход основан на измерении обстоятельств и факторов, которые считаются связанными с качеством аудита, при этом – без определения этого термина.

Оба подхода оцениваются после завершения аудитов. В данной статье сделана попытка спланировать эксперимент, позволяющий спроектировать процесс ООСТ, являющейся частью процесса аудита, робастным к различным факторам, до его выполнения. Предлагается оценивать качество процесса ООСТ и, как следствие, качество процесса аудита по количеству ошибок двух родов, допущенных аудиторами:

Ошибка 1-го рода, когда объективное соответствие объекта оценки требованиям, классифицируется экспертом как несоответствие;

Ошибка 2-го рода, когда объективное несоответствие объекта оценки требованиям, классифицируется экспертом как соответствие;

Мерой качества процесса ООСТ также может служить вероятность указанных ошибок: p и q (табл. 1)

В рамках концепции исследования в качестве оценок указанных вероятностей будет использоваться наблюдаемая доля этих ошибок. Далее этот подход к оценке качества процесса ООСТ рассмотрен более подробно.

Обширный список факторов, влияющих на кризис института аудитов [4–8], можно дополнить еще одним фактором–гипотезой (т. е. еще одной возможной причиной ошибок аудиторов): отсутствие в практике аудиторских организаций предварительной валидации [3, 10, 11] процесса аудита. Проверка этой гипотезы еще ждет своих исследователей, но в [11] уже зафиксировано, что «процессы, которые требуют валидации, включают, например: ... предоставление услуги при непосредственном взаимодействии с потребителем». Этот стандарт не является требованием, однако, в стандарте требований широкого применения [10], а также в подобных отраслевых стандартах, например, в области производства и поставок для ядерного энергетического сектора [12], железнодорожной и автомобильной отраслей [13, 14], установлено, что: «Организация должна осуществлять предоставление услуг в управляемых условиях, включающих в себя валидацию способности процессов предоставления услуг достигать запланированных результатов в тех случаях, когда конечный выход не может быть верифицирован последующим мониторингом или измерением». В переводе с языка стандарта применительно к процессу оценки и/или аудита это означает следующее, что, если результат такого процесса невозможно верифицировать до его реализации, требуется предоставить неоспоримые доказательства, а не мнение экспертов, что на этапе проектирования процесса в него была заложена способность получать предсказуемый результат. В нашем случае это оцененная вероятность ошибок первого и второго рода в результатах процесса ООСТ. Существуют попытки применения методов экспертной оценки этой вероятности, в частности, в [15] приведён обширный обзор источников, с целью анализа достоинств и недостатков известных методов анализа отказов процессов. В нашем случае отказом процесса ООСТ является наличие в его результатах ошибок первого и второго рода. В этой работе отмечается, что слабым местом этих методов анализа отказов являются правила назначения экспертных оценок, в частности, вероятности отказов [15]. В последней версии

Таблица 1. Ошибки 1-го и 2-го рода

			Выход: Классификация аудитором объективного состояния оцениваемого объекта	
			Соответствие (1.0)	Несоответствие (0.0)
Вход: Объективное соответствие/ несоответствие объекта	1.0	Объективное соответствие	Верно 1 $1-p$	Ошибка 1-го рода p
	0.0	Объективное несоответствие	Ошибка 2-го рода q	Верно 2 $1-q$

руководства AIAG&VDA³ 2019 года по анализу отказов, являющимся на сегодняшний день самым проработанным, сообщается, что одной из причин отказов процесса является отсутствие его робастности. И отсюда следует еще одна гипотеза, связанная с отказами процесса ООСТ: отсутствие такого проектирования, которое делало бы его минимально восприимчивым к шумам (помехам). Далее в статье не рассматриваются известные методы экспертных оценок вероятности отказов процесса ООСТ, а основное внимание уделяется методу его робастного проектирования [16, 17]. На рис. 1 представлены концептуальные причины, влияющих на ошибки процесса ООСТ (аудита), рассмотренные выше.

³ AIAG&VDA (Automotive Industry Action Group & Verband der Automobilindustrie) – международная ассоциация автомобильной промышленности

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ. МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА АУДИТА

В рамках данной статьи в качестве объекта исследования рассматривается модель процесса аудита, представленная в [18] (рис. 2). Каждый этап этого процесса может внести вклад в качество информации, оцениваемое уровнем ошибок, допущенных аудитором. Предметом исследования является часть процесса аудита, в рамках которой выполняется оценка свидетельств на соответствие критериям аудита. В статье этот этап рассматривается как отдельный процесс ООСТ, в котором объектом оценки является свидетельство аудита, критерием – требование, например, какого-либо стандарта или спецификации.

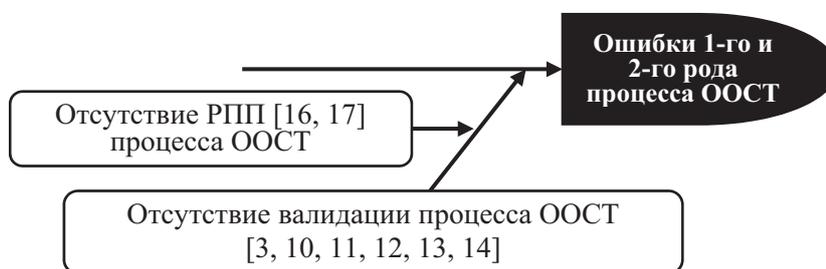


Рис. 1. Концептуальные причины ошибок процесса ООСТ



Рис. 2. Модель процесса аудита [18]

На рис. 3 схематически представлена функционально-факторная модель процесса ООСТ [16], применяемая в задачах РПП.

Сигнальные факторы (M) – факторы, устанавливаемые для достижения заданного значения выходной характеристики (отклика). В данном случае это документированная информация об объективных свидетельствах, которые определяется как «данные (факты об объекте), подтверждающие существование или истинность чего-то» [3], и здесь это – соответствие/несоответствие объекта оценки требованиям. В статье рассматривается формат сигнальных факторов (M), в качества которых в рамках исследования будут сформированы «эталонные» блоки такой информации PCA.

Шумовые факторы (X) – это неуправляемые (непредсказуемые), естественные шумы, присущие процессу ООСТ. Примеры шумовых факторов:

- вариация компетенций при формальном равенстве квалификаций аудиторов;
- вариация устойчивости аудитора к стрессу в условиях ограничений (например, времени);
- вариация восприятия аудиторами одинакового текста;
- вариация вербальных и невербальных способностей аудиторов и др.

Управляемые факторы (Z) – это набор параметров процесса оценки, которыми пытаются минимизировать появление ошибок оценки. К ним, в качестве примера, можно отнести:

- уровень квалификации аудиторов;
- состав аудиторской группы;
- суммарный стаж группы;
- мотивация аудитора;
- время, отведенное для оценки;
- соблюдение процедуры оценки и др.

Регулируемые факторы (R) – это отдельная группа управляемых факторов, которые влияют на чувствительность процесса, т. е. регулируют

скорость изменения Y от изменения M. К ним, в контексте аудита, можно отнести:

- добросовестность аудитора;
- независимость аудитора и его объективность.

Методика Тагути, предназначена для разработки робастной продукции (услуги) и/или процессов [16, 17]. В качестве меры робастности для получения оптимальных, в этом контексте, продукции (услуги), и/или процесса, используется отношение S/N. Таким образом, выходные параметры робастной продукции/услуги (Y – отклик) чувствительны к сигналам (M – сигнальный фактор) и нечувствительны к шуму (X – шумовой фактор)

Основная концепция методики Тагути направлена на снижение потерь для всех заинтересованных сторон на основе стратегии предотвращения, а не реакции на несоответствия всех типов. «Неробастная продукция/услуги являются источником потерь в экологической и социально-экономической сферах (включая потери изготовителя и потребителей), которые обусловлены низким уровнем качества и функциональной вариабельностью на этапе ее эксплуатации: с момента реализации до утилизации» [16, 17].

На первом этапе исследования РПП процесса ООСТ следует разработать входные сигналы для этого процесса (рис. 3). В общем случае входным сигналом для любого процесса оценки служит оцениваемый объект и критерии, по которым он оценивается. В данном случае входным сигналом является информация о соответствии/несоответствии деятельности организации требованиям какого-либо стандарта. В рамках исследования предстоит сформировать «эталонные» блоки такой информации, а далее сформировать банк PCA. В табл. 2 представлен пример PCA [19].



Рис. 3. Функционально-факторная модель процесса ООСТ [16]

Таблица 2

Пример РСА [18]	
Свидетельства	Стандарт ANSI/ISO/ASQ Q9001-2000
<p>«В литейном цехе существуют 50 операций для производства алюминиевого литья, 3 смены, 7 дней в неделю. Жидкий алюминий подается из соседнего цеха и наливается в каждую форму до заданного уровня. Оборудование состоит из печи, имеющей большой бокс с крышкой для приема алюминия , и пресса, в котором жидкий алюминий превращается в кованую деталь. Дважды в смену электрик подходит к каждому станку проверить силу тока печи. По показаниям делается регулировка.»</p> <p>ВЫВОДЫ (наблюдения)</p> <p>1. Не было никакой информации со следующей операции о качестве отливок!</p> <p>2. Большинство недельных отчетов оператора были в наличии, но небольшая часть отчетов за 6 месяцев (период проверки) была утеряна.....»</p>	<p>Какие пункты стандарта не выполняются?</p>

Для формирования банка РСА можно использовать существующие источники, содержащие хорошие примеры РСА. В частности, в [20], рассматриваются и моделируются ситуации, которые могут возникнуть во время аудитов, а также, предлагаются их аргументированные решения, разбираются ошибки, допускаемые аудиторами, даются рекомендации. Кроме того, в рамках исследования предстоит разработать для РСА критерии качества о которых речь пойдет далее.

При параметрическом проектировании формируются внутренний и внешний ортогональные планы дисперсионного анализа, которые представляют собой таблицы, содержащие информацию об уровнях исследуемых факторов. При этом информация о шумовых и сигнальных факторах располагаются во внешней таблице, а информация об управляемых факторах - во внутренней таблице [15, 16].

По завершении описанных выше подготовительных этапов исследования, выполняется его экспериментальная фаза, в рамках которой для различных комбинаций уровней факторов измеряются значения откликов процесса оценки, используемых для расчёта отношения сигнал/шум S/N.

На завершающей фазе исследования, полученные в рамках эксперимента значения отношения S/N служат основой для выбора оптимальных условий процесса ООСТ. Общий план исследования процесса оценки представлена на рис. 4.

РАЗРАБОТКА ВХОДОВ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РПП

В рамках будущего исследования для параметрического проектирования процесса аудита следует разработать планы эксперимента, направленные на исследование факторов, влияю-

щих на качество ООСТ. В соответствии с рис. 2 процесс ООСТ имеет входы «сигнальный фактор», в качестве которых будут использоваться РСА в различном формате: тексты, фото, видео или их комбинация.

Подобные референтные объекты, используемые для периодического тестирования средств контроля и контролеров, применяются в автомобильной промышленности [21, 22]. В частности, в случаях, когда контролеры выполняют дихотомический⁴ контроль (соответствие/несоответствие неизвестных им объектов – специально сохраняемых образцов изделий), в качестве средства оценки используются проходные и/или непроходные калибры, которые в совокупности с контролером образуют измерительную систему по альтернативному признаку «да/нет». По результатам такого исследования делается вывод о влиянии системы «контролер – калибр» на последующие оценки уже нереперентных объектов, а объектов, создаваемых в процессе производства.

В случае аудита референтными объектами являются ситуации аудита, содержащие доказательства соответствия/несоответствия объекта требованиям. АГ оценивает предоставленные ей РСА, причем о референтных значениях соответствия/несоответствия оцениваемого объекта ей предварительно ничего не известно. Предполагается, что РСА тщательно отобраны и проверены экспертами. Здесь просматривается полная аналогия с рассмотренными выше калибрами, которые в рамках анализа измерительных систем в автопроме предварительно оцениваются средствами измерения эталонного уровня.

В рамках плана исследования предполагается итерационное создание набора РСА, который, в итоге будет соответствовать некоторым крите-

⁴ греч. διχотоμία: διχῆ, «надвое» + τομή, «деление»

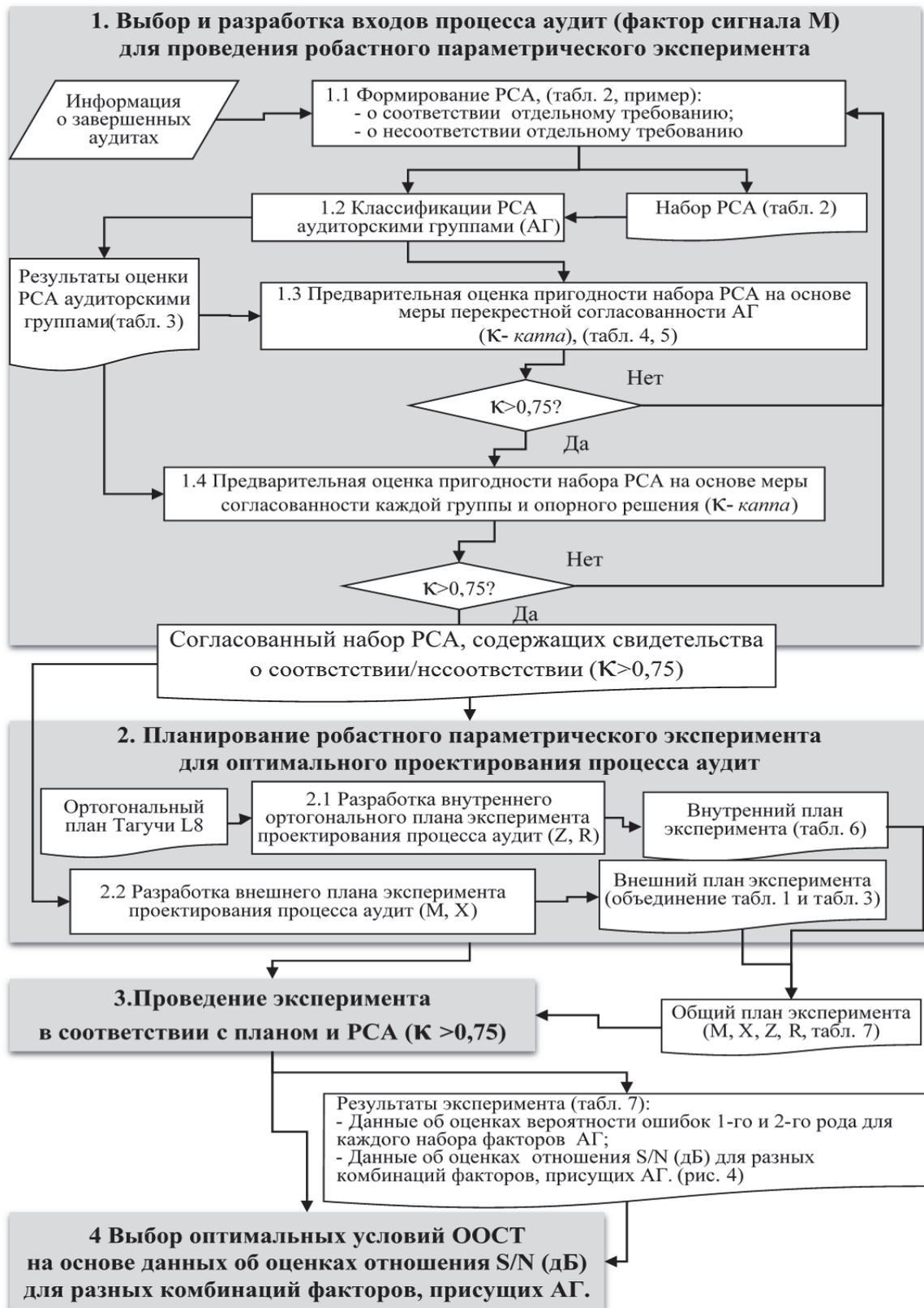


Рис. 4. Общая план исследования процесса ООСТ

риям, рассмотренным далее. Основная идея состоит в создании таких эталонных наборов PCA, которые позволят впоследствии идентифицировать вариации только управляемых и шумовых факторов, влияющих на процесс аудита.

Пусть имеется исходный набор PCA. В табл. 3 представлен пример, как гипотетически мог

бы выглядеть результат классификации PCA АГ. Столбец «Вход» содержит PCA о соответствии/несоответствии: 1 – соответствие; 0 – несоответствие. Столбцы «Выход» содержат информацию о результатах классификации PCA по мнению АГ: решение аудиторской группы о соответствии обозначено единицей, решение о несо-

ответствии – нулем. На основании этих данных можно проверить две гипотезы:

Между АГ существует согласованность в оценке РСА;

Существует согласованность между решением аудиторской группы и референтным значением о соответствии/несоответствии.

Для проверки гипотез о перечисленных выше согласиях можно использовать показатель κ «каппа», впервые предложенный Дж. Коэном [21, 22]. Этот показатель применяется в случаях, когда требуется оценить согласованность мнений двух оценивающих сторон об одном и том же объекте. Предельное значение κ «каппа», равное 1 означает полное согласие мнений двух оценивающих сторон, значение 0 – указывает, на согласие, которое не отличается от случайных совпадений мнений об оцениваемом объекте. При расчете показателя используются таблицы сопряженности, в которых одинаковые переменные имеют равное количество категорий. [21, 22]

Для проверки первой гипотезы о согласованности АГ1 и АГ2, а также расчёта показателя этой согласованности «каппа», ниже приведены таблица сопряженности для наблюдений (табл. 4), и таблица сопряженности долей (табл. 5).

$$\kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} = \frac{(0,35 + 0,3) - (0,27 + 0,22)}{1 - (0,27 + 0,22)} = 0,313$$

$$= \frac{0,65 - 0,49}{1 - 0,49} = \frac{0,16}{0,51} = 0,313,$$

где P_0 – сумма полученных (эмпирических) долей (от общего количества измерений) в диагональных ячейках матрицы (табл. 5); P_e – сумма ожидаемых (теоретических) долей в диагональных ячейках матрицы (табл. 5).

При значениях «каппа» более 0,75 можно говорить о согласованности аудиторов от хорошего до отличного (с максимальным значением «каппа» = 1). «Значения менее 0,40 указывают на плохое согласие» [21, 22].

В рассмотренном гипотетическом примере значение показателя согласованности экспертов

Таблица 3. Пример данных для исследования пригодности набора РСА

№	Вход (М): РСА	Выход (Y): Классификация РСА по мнению АГ№							
		АГ 1	АГ 2	АГ 3	АГ 4	АГ 5	АГ 6	АГ 7	АГ 8
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	0	1	1	1	1
7	1	0	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	0	1	1	1	1	0	1
9	0	1	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1	1	0	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	0	1	1	1	1	0	1
14	0	1	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	1	1	0	1	1	1	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	1	0	1	1	1	1
19	0	1	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 4. Таблица сопряженности для наблюдений из табл. 3

			Аудиторская группа АГ2		Всего
			1.0	0.0	
Аудиторская группа АГ1	1.0	Количество	7	5	12
		Ожидаемое количество	5,4	6,6	12
	0.0	Количество	2	6	8
		Ожидаемое количество	3,6	4,4	8
Всего	Количество		9	11	20
	Ожидаемое количество		9	11	20,0

Таблица 5. Таблица сопряженности долей от общего количества измерений

			Аудиторская группа АГ2		Всего
			1.0	0.0	
Аудиторская группа АГ1	1.0	Наблюдаемые доли	0,35	0,25	0,6
		Ожидаемые доли	0,27	0,33	0,6
	0.0	Наблюдаемые доли	0,1	0,3	0,4
		Ожидаемые доли	0,18	0,22	0,4
Всего	Наблюдаемые доли		0,45	0,55	1
	Ожидаемые доли		0,45	0,55	1

меньше, 0,75, поэтому, в соответствии с планом будущего исследования, предстоит доработка совокупности РСА. Параллельно или последовательно можно оценивать меру согласованности каждой АГ и отдельного опорного решения РСА.

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА
РПП ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ**

В рамках РПП применяется варьирование управляемых факторов, влияющих на процесс ООСТ. Поэтому, в предстоящих исследованиях, в планы экспериментов следует включать факторы, влияние которых на аудит подтверждено предыдущими исследованиями [4]. Существуют современные методы сбора данных и соответствующие им статистические процедуры, которые при их совместном применении позволяют оценивать влияние факторов различной природы на производственные и непроизводственные процессы. При этом факторы делятся на экзогенные и эндогенные, а также на явные и латентные. Указанные методы и статистические процедуры позволяют, в частности, исследовать влияние управляемых факторов на непроизводственные процессы, которые оказывают значимое воздействие на результативность организаций [4, 23]. В [4] приведен обзор источников, содержащих результаты исследования факторов, значимо влияющих на процесс аудита. Работа [23] посвящена обзору и модели факторов, влияющих на процесс корректирующих действий, который в совокупности с процессом аудита создает фундаментальную основу улучшения любой деятельности любой организации.

При параметрическом проектировании план эксперимента формируется из внутренней и внешней таблиц, при этом управляемые факторы (см. рис. 3) располагаются во внутренней таблице, а сигнальные и шумовые факторы – во внешней [16, 17].

Разработка внутреннего ортогонального плана РПП процесса ООСТ

Для оценки вклада каждого управляемого фактора (рис. 3) на начальном этапе можно использовать внутреннюю таблицу, содержащую двухуровневый ортогональный план L8. Информация о применении разнообразных конфигураций планов эксперимента приводится в библиографии [17]. В табл. 6 представлен двухуровневый ортогональный план эксперимента L8 [24–30]. Цифры 1 и 2 означают выбранные для эксперимента значения уровней управляемых факторов. Вклад каждого управляемого фактора можно оценить на основе значений отношения S/N. Это отношение вычисляют для каждой строки внутреннего плана [16, 17].

Разработка внешнего ортогонального плана РПП процесса ООСТ

В качестве шумового фактора (см. рис. 3.) на процесс ООСТ влияют вариации, вызванные неуправляемой изменчивостью между аудиторскими группами [2, 4–8]. В частности, к ним относятся: вариация реальных компетенций аудиторов при формальном равенстве их квалификаций; вариация восприятия аудиторами одинакового текста и т. п. (см. пояснения к рис. 3.). Основная часть внешнего плана экспе-

Таблица 6. Внутренний двухуровневый ортогональный план эксперимента по Тагути (L8)

		Управляемые факторы (Рисунок 2.)						
		A	B	C	D	E	F	G
Испытание (аудиторская группа №)	АГ 1	1	1	1	1	1	1	1
	АГ 2	1	1	1	2	2	2	2
	АГ 3	1	2	2	1	1	2	2
	АГ 4	1	2	2	2	2	1	1
	АГ 5	2	1	2	1	2	1	2
	АГ 6	2	1	2	2	1	2	1
	АГ 7	2	2	1	1	2	2	1
	АГ 8	2	2	1	2	1	1	2

римента полностью совпадает с табл. 3. Завершающая часть внешнего плана эксперимента формируется на основе фрагментов табл. 1, используемых для оценки вероятностей правильных и неправильных классификаций объективных соответствий/несоответствий объекта. Подобный пример классификации приведён в [17] со ссылкой на [31], где рассматриваются два вида ошибок, возникающих при классификации референтных объектов (см. табл. 1). После объединения частей внешнего плана (табл. 1 и табл. 3) с внутренним ортогональным планом L8, табл. 6, общий план эксперимента выглядит следующим образом (табл. 7).

Проведение эксперимента. Оценка отношения S/N. Выбор оптимальных условий процесса оценки

Правильная классификация РСА аудиторской группой является желательной компонентой отклика процесса оценки свидетельств аудита. Ошибочная классификация РСА является нежелательной компонентой отклика ООСТ. По формулам, приведённым в [16] можно рассчитать отношения S/N для примера, приведенного

в табл. 7. следующим образом (здесь имитируются результаты гипотетического эксперимента РПП процесса ООСТ):

$$\eta = 10 \log \frac{(1 - p - q)^2}{p(1 - p) + q(1 - q)} =$$

$$= 10 \log \frac{(1 - 0,1 - 0,1)^2}{0,1(1 - 0,1) + 0,1(1 - 0,1)} = 5,51 \text{ (дБ)}$$

где p – оценка вероятности ошибки 1-го рода; q – оценка вероятности ошибки 2-го рода

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что принадлежность аудита к деятельности, характерной для области услуг, предполагает его обязательную валидацию до начала взаимодействия с потребителем;

На основании принятого в исследовании определения термина «качество аудита» сформулирован перечень влияющих на него факторов.

Показаны состав и структура этих факторов, влияющих на отказы аудита (невыполнение идеальной функции аудита – отсутствие ошибок

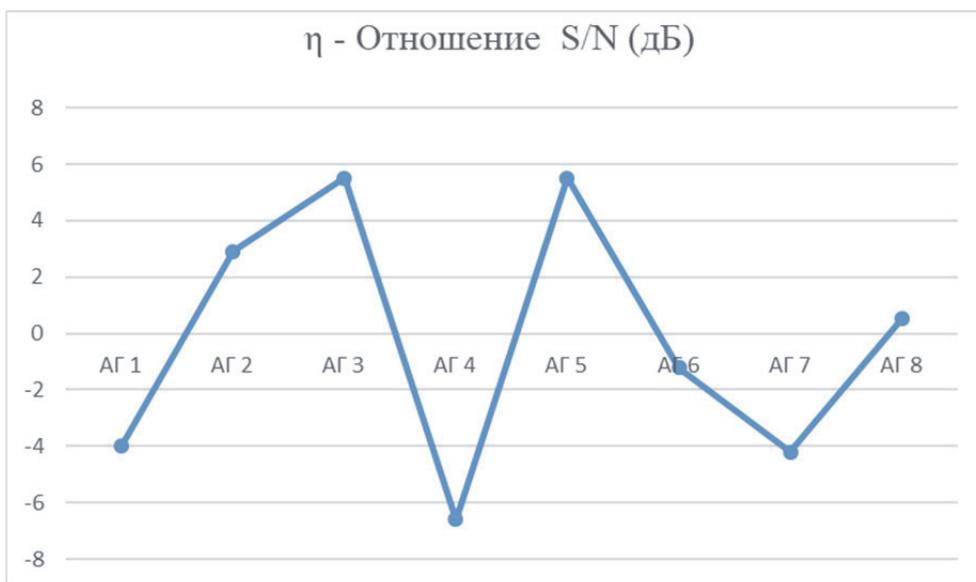


Рис. 5. Пример зависимости отношения S/N от факторов, присущих АГ

Таблица 7. Пример заполнения общего плана эксперимента

Внутренний план эксперимента (табл. 6)			Испытания (аудиторская группа №)							
			АГ 1	АГ 2	АГ 3	АГ 4	АГ 5	АГ 6	АГ 7	АГ 8
Управляемые факторы (Z)	A		1	1	1	1	2	2	2	2
	B		1	1	2	2	1	1	2	2
	C		1	1	2	2	2	2	1	1
	D		1	2	1	2	1	2	1	2
	E		1	2	1	2	2	1	2	1
	F		1	2	2	1	1	2	2	1
	G		1	2	2	1	2	1	1	2
Внешний план эксперимента (в соответствии с табл. 1 и табл. 3)	Выход M: PCA.		Выход Y: Классификация PCA по мнению АГ№							
	№	PCA	АГ 1	АГ 2	АГ 3	АГ 4	АГ 5	АГ 6	АГ 7	АГ 8
	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
	2	1	0	1	0	1	1	1	1	1
	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	4	0	1	1	0	0	0	1	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	1	1	1	1	0	1	1	1	0
	7	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	8	1	1	0	1	1	1	0	0	1
	9	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	11	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	12	1	1	1	1	1	0	1	1	1
	13	1	1	0	1	1	1	1	0	1
	14	0	1	0	0	1	0	1	0	0
	15	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	16	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	1	1	1	1	0	1	1	0	1
19	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
20	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
Верно 1 (1-p)			0,8	0,8	0,9	0,5	0,9	0,9	0,7	0,8
Ошибка 1-го рода (p)			0,2	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,3	0,2
Верно 2 (1-q)			0,6	0,9	0,9	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8
Ошибка 2-го рода (q)			0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2
η – Отношение SN (дБ)			-4	2,923	5,51	-6,6	5,51	-1,2	-4,2	0,51

1-го и 2-го рода).

Показано, что одной из причин отказов процесса является его неробастность, т. е. отсутствие его устойчивости при воздействии на него различных видов шумовых факторов.

Предложено применить РПП процесса ООСТ в качестве его валидации до начала взаимодействия с потребителем.

Предложено, при выполнении РПП использовать в качестве входных сигналов PCA, обладающие эталонными свойствами.

Разработан план исследований, включающая внутренний и внешний ортогональные планы эксперимента проектирования ООСТ для последующего выбора его оптимальных условий на основе данных об оценках отношения S/N (дБ) для разных комбинаций факторов, влияющих на аудит.

Приведены примеры, демонстрирующие ход обработки данных, полученных в рамках эксперимента для расчета отношения S/N (дБ) для разных комбинаций факторов.

ОГРАНИЧЕНИЯ

В статье рассматривался пример небольшого количества гипотетических экспериментов ($n=20$) для демонстрации логики предстоящего исследования. В реальной ситуации планирования будущего эксперимента предполагается значительно увеличить n , в том числе и за счет параллельных опытов. Это позволит преодолеть риск ошибочных решений [21, 22].

Не рассматривался случай для выравненных значений p и q – вероятностей ошибок первого и второго рода. [16, 17].

НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Продолжение поиска и разработки банка PCA, пригодных для РПП процессов, подобных аудиту.

- Разработка «атомизированных» требований стандартов (декомпозиция утверждений требования стандарта до неделимых далее сущностей) в соответствии с методикой, изложенной в [32] для снижения неопределенности и многозначности PCA;

- Отдельное исследование факторов, влияющих на выравнивание вероятностей p -оценки и q -оценки вероятности ошибки 1-го и 2-го рода [16];

- Исследование возможности применения и последующего внедрение метода нечеткой логики (Fuzzy Logic) на этапе оценки пригодности PCA;

- Исследование возможности применения и последующего внедрение метода нечеткой логики (Fuzzy Logic) на этапе РПП [1];

- Разработка метода организации РПП в части задания уровней управляемых и регулируемых факторов для внутренних ортогональных планов эксперимента процесса ООСТ;

- Разработка PCA с одинаковыми требованиями (критериями), но разными сценариями для возможности организации параллельных тестов для одной АГ (одного оценщика), что одновременно позволит:

- повысить общее количество наблюдений n и снизить риск неправильных решений о вероятности ошибок;

- повысить обоснованность применения формулы для расчета отношения сигнал/шум, которая справедлива в предположении, что n (количество опытов) велико

- Развитие альтернативного подхода (соответствие/несоответствие) в направлении градации несоответствий (значительное/незначительное);

- Адаптация рассматриваемого подхода проектирования деятельности и процессов, у кото-

рых идеальной функцией является отсутствие 1-го и 2-го рода, например:

- оценка соответствия требованиям процесса внутреннего контроля испытательной лаборатории;

- оценка соответствия требованиям и/или статуса соответствия при техническом контроле объекта;

- оценка соответствия требованиям многочисленным отраслевым стандартам (экология, ядерная безопасность, содержание опасных веществ в компонентах электронной и электротехнической продукции и т.д.);

- оценка поставщика, пригодного для конкретного предполагаемого применения;

- оценка пригодности технического решения на этапе его выбора при проектировании технической системы;

- другие виды аудитов, в зависимости от заинтересованных сторон, требований, объектов, назначения, времени и др.

На основе реализации исследования по перечисленным выше направлениям, формировать перечень значимых для качества процесса аудит факторов, которые лягут в основу модели зрелости процесса аудит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rao S., Samant P., Kadampatta A., Shenoy R. An Overview of Taguchi Method: Evolution, Concept and Interdisciplinary Applications // International Journal of Scientific & Engineering Research. – Vol. 4. – Issue 10. – 2013. – October.
2. Иванова, Д.В. Алгоритмы и программные средства оценки процесса проектирования электронных компонентов и их технологии на соответствие требованиям IECQ 080000. / Д.В. Иванова, Т.А. Ишутина, В.В. Яценко // Качество, инновации, образование. – 2024 – № 2 (190), – DOI: 10.31145/1999-513x-2024-2-50-62.
3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Система менеджмента качества. Основные положения и словарь.
4. Иванова, Д.В. Структура оценки возможности процесса аудита на основе ISO/IEC 33020 / Д.В. Иванова, Т.А. Ишутина, В.В. Яценко // Качество, инновации, образование. 2023. – №2 (184), – DOI: 10.31145/1999-513x-2023-2-12-23.
5. Hussein Fuad, Hanefah Mustafa. Overview of Surrogates to Measure Audit Quality // International Journal of Business and Management – 2013. – Vol. 08, No. 17. P. 84–91.
6. Agus Andi. Drivers of Audit Quality for the Development of the Audit Quality Framework based on the International Standards // International Journal of Recent Technology and Engineering – 2020. – Vol. 08. No. 4. P. 12820–12823.
7. Muftah Abdunaser, Omar Mohammed, Abhishek Janvier, Frederick, Abhishek. Review of Studies on Measuring of Auditing Quality // International Journal of Science and Research (IJSR) – 2018. – Vol. 08, No. 6. P. 1625–1627.
8. Taqi Muhamad, Rahmawati Bandi, Payamta Rusydiana, Aam. Audit Quality Research: A Bibliometric Analysis // Library Philosophy and Practice (e-journal) – 2020. – Vol. 04. No. 17. P. 156–178.

9. *Ben Hutchinson, Sidney W A Dekker, Andrew J Rae.* Audit masquerade: How audits provide comfort rather than treatment for serious safety problems// *Safety Science* – 2024. – Vol. 169. No. 03. P. 63–72.
10. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Система менеджмента качества. Требования
11. ГОСТ Р 57189–2016 «Система менеджмента качества. Руководство по применению ИСО 9000–2015.
12. ГОСТ Р ИСО 19443-2020 «Система менеджмента качества. Специальные требования по применению ИСО 9001:2015 организациями цепи поставок ядерного энергетического сектора, поставляющими продукцию и услуги, важные для ядерной безопасности (ITNS)
13. ISO 22163:2023 Железные дороги. Система менеджмента качества ISO 9001:2015 и особые требования для применения в железнодорожной отрасли.
14. ГОСТ Р 58139-2018 Система менеджмента качества. Требования к организациям автомобильной промышленности.
15. *Liu, H.-C.; Liu, L.; Liu, N.* Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. *Expert Syst. Appl.* 2013, 40, 828–838.
16. *Леон, Р.* Управление качеством. Робастное проектирование. Методы Тагути. Пер. с англ. / Р. Леон, А. Шумейкер, Г. Тагути и др.. – М.: Сейфи, 2002. – 384 с.
17. ГОСТ Р ИСО 16336–2020 Статистические методы. Применение к новым технологиям и процессу разработки продукции. Робастное параметрическое проектирование (RPD).
18. ГОСТ Р ИСО 19011 Оценка соответствия. Руководящие указания по проведению аудита систем менеджмента.
19. *Roderick Munro,* Automotive Internal Auditor Pocket Guide: Process Auditing to Iso/ts 16949:2002 Spiral-bound – April 1, 2004.
20. *Качалов, В.А.* Аудит систем менеджмента на соответствие требованиям ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001. Практикум / В.А. Качалов. Москва: ИздАТ, 2019 (ситуации, свидетельства аудита).
21. Анализ измерительных систем. MSA. Ссылочное руководство. (3–е издание). Перевод с англ. – Н.Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2007. – 242 с.
22. Measurement systems analysis. Reference Manual. Fourth Edition 2010. Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ISBN#: 978–1–60–534211–5.
23. *Olga G. Prelovskaya, Vladimir V. Iashchenko,* “The model of factors affecting Corrective action process integrated into management system,” 2023 International Conference on Information Processes and Systems Development and Quality Assurance (IPSQDA–2023), 2023, Saint–Petersburg, Russia, March 22–24.2023. – P. 161–164.
24. *Genichi Taguchi.* System of experimental design, UNIPUB. KRAUS INTERNATIONAL PUBLICATION, New York, 1987.
25. *Phadke M.S.* Quality engineering using robust design. Prentice–Hall, Inc, 1989.
26. *Nair V.N.* editor, Taguchi’s Parameter Design: A Panel Discussion. *Technometrics*. 1992, 34, pp.127–161.
27. *Jeff Wu C.F., & Hamada M.* Experiments: Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization. John Wiley & Sons, Inc, 2000.
28. *Taguchi G., Chowdhury S., Taguchi S.* Robust Engineering. McGraw–Hill, 2000.
29. *Baker T.B.* Engineering quality by design: interpreting the Taguchi approach, Marcel Dekker, Inc and ASQC Quality Press, 2000
30. *Genichi Taguchi.* Subir Chowdhury, and Yui Wu, Taguchi’s Quality Engineering.
31. *Kobe M., & Tateno M.* An Improvement of Text Categorization Using Taguchi Method, Transactions of the 18th conference of the quality engineering (2010), pp.286–289.
32. *Aquino M.R., GuédriaW., Panetto H., Barafort B.* A Framework for Assessing Capability in Organisations Using Enterprise Models. *Journal of Industrial Information Integration* 27, 100297.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF IMPROVING THE AUDIT PROCESS BASED ON ITS OPTIMIZATION BY THE TAGUTI METHOD

© 2024 V. V. Yashchenko

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»
named after V. I. Ulyanov (Lenin), Saint Petersburg, Russia

The assessment process is a key component of the activity included in many production and non-production processes. The article discusses the plan for the upcoming study of the factors affecting the quality of the assessment process, which makes a significant contribution to the effectiveness of the quality management systems (QMS) audit process. The possibility of optimizing these factors based on the robust1 parametric design (RPD) method developed by Genichi Taguchi [1] is considered. The possibility2 and limitations of the orthogonal planning of RPD experiments in this study are discussed. Based on the definition of the term «assessment quality» adopted in the study, a list of factors influencing the effectiveness of the process of assessing an object for its compliance with requirements (CER) has been compiled. The composition and structure of these factors have been determined. It has been shown that the CER process has properties characteristic of the field of providing services, the quality of which is ensured only by their preliminary validation, i.e. before the interaction with the party interested in the results of the CER process (for example, the consumer, the customer of the assessment, audit, etc.). It has been shown that one of the reasons for failures (failure to fulfill the ideal assessment function - the absence of errors of the 1st and 2nd kind) is the lack of robustness of the ideal CER function when exposed to various types of interference or noise (hereinafter referred to as noise). It is proposed to apply RPP to the CER process as a validation before its interaction with the consumer. It is proposed to use reference audit situations (RAS) with standard properties as input signals for CER. The concept of the study has been developed, including internal and external orthogonal plans of the experiment for designing the OOST process for the subsequent selection of its optimal conditions based

on the data on the estimates of the signal-to-noise ratio - S/N (dB) for different combinations of factors affecting the OOST. Examples are given demonstrating the course of data processing that can be obtained within the framework of the experiment for calculating the S/N ratio for different combinations of factors affecting the OOST and, as a consequence, the audit process.

Keywords: assessment of an object for compliance with requirements by an alternative feature, audit, RPP, RSA, Taguchi orthogonal plans.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-96-108

EDN: HGPAUL

REFERENCES

1. Rao S., Samant P., Kadampatta A., Shenoy R. An Overview of Taguchi Method: Evolution, Concept and Interdisciplinary Applications // International Journal of Scientific & Engineering Research. – Vol. 4. – Issue 10. – 2013. – October.
2. Ivanova, D.V. Algoritmy i programnye sredstva ocenki processa proektirovaniya elektronnykh komponentov i ih tekhnologii na sootvetstvie trebovaniyam IECQ 080000. / D.V. Ivanova, T.A. Ishutina, V.V. Yashchenko // Kachestvo, innovacii, obrazovanie. – 2024 – № 2 (190), – DOI: 10.31145/1999-513x-2024-2-50-62.
3. GOST R ISO 9000-2015 «Sistema menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar'».
4. Ivanova, D.V. Struktura ocenki vozmozhnosti processa audita na osnove ISO/IEC 33020 / D.V. Ivanova, T.A. Ishutina, V.V. Yashchenko // Kachestvo, innovacii, obrazovanie. 2023. – №2 (184), – DOI: 10.31145/1999-513x-2023-2-12-23.
5. Hussein Fuad, Hanefah Mustafa. Overview of Surrogates to Measure Audit Quality // International Journal of Business and Management – 2013. – Vol. 08, No. 17. P. 84–91.
6. Agus Andi. Drivers of Audit Quality for the Development of the Audit Quality Framework based on the International Standards // International Journal of Recent Technology and Engineering – 2020. – Vol. 08. No. 4. P. 12820–12823.
7. Muftah Abdunaser, Omar Mohammed, Abhishek Janvier, Frederick, Abhishek. Review of Studies on Measuring of Auditing Quality // International Journal of Science and Research (IJSR) – 2018. – Vol. 08, No. 6. P. 1625–1627.
8. Taqi Muhamad, Rahmawati Bandi, Payamta Rusydiana, Aam. Audit Quality Research: A Bibliometric Analysis // Library Philosophy and Practice (e-journal) – 2020. – Vol. 04. No. 17. P. 156–178.
9. Ben Hutchinson, Sidney W A Dekker, Andrew J Rae. Audit masquerade: How audits provide comfort rather than treatment for serious safety problems // Safety Science – 2024. – Vol. 169. No. 03. P. 63–72.
10. GOST R ISO 9001-2015 «Sistema menedzhmenta kachestva. Trebovaniya»
11. GOST R 57189-2016 «Sistema menedzhmenta kachestva. Rukovodstvo po primeneniyu ISO 9000-2015».
12. GOST R ISO 19443-2020 «Sistema menedzhmenta kachestva. Special'nye trebovaniya po primeneniyu ISO 9001:2015 organizatsiyami cepi postavok yadernogo energeticheskogo sektora, postavlyayushchimi produkciyu i uslugi, vazhnye dlya yadernoj bezopasnosti (ITNS)»
13. ISO 22163:2023 Zheleznyye dorogi. Sistema menedzhmenta kachestva ISO 9001:2015 i osoby trebovaniya dlya primeneniya v zheleznodorozhnoj otrasli.
14. GOST R 58139-2018 Sistema menedzhmenta kachestva. Trebovaniya k organizatsiyam avtomobil'noj promyshlennosti.
15. Liu, H.-C.; Liu, L.; Liu, N. Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. Expert Syst. Appl. 2013, 40, 828–838.
16. Leon, R. Upravlenie kachestvom. Robustnoe proektirovanie. Metody Taguti. Per. s angl. / R. Leon, A. Shumejker, G. Taguti i dr. – M.: Seif, 2002. – 384 s.
17. GOST R ISO 16336-2020 Statisticheskie metody. Primenenie k novym tekhnologiyam i processu razrabotki produkcii. Robustnoe parametricheskoe proektirovanie (RPD).
18. GOST R ISO 19011 Ocenka sootvetstviya. Rukovodyashchie ukazaniya po provedeniyu audita sistem menedzhmenta.
19. Roderick Munro, Automotive Internal Auditor Pocket Guide: Process Auditing to Iso/ts 16949:2002 Spiral-bound – April 1, 2004.
20. Kachalov, V.A. Audit sistem menedzhmenta na sootvetstvie trebovaniyam ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001. Praktikum / V.A. Kachalov. Moskva: Izdat, 2019 (situacii, svidetel'stva audita).
21. Analiz izmeritel'nyh sistem. MSA. Ssylochnoe rukovodstvo. (3-e izdanie). Pervod s angl. – N. Novgorod: OOO SMC «Prioritet», 2007. – 242 s.
22. Measurement systems analysis. Reference Manual. Fourth Edition 2010. Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ISBN#: 978-1-60-534211-5.
23. Olga G. Prelovskaya, Vladimir V. Iashchenko, “The model of factors affecting Corrective action process integrated into management system,” 2023 International Conference on Information Processes and Systems Development and Quality Assurance (IPSQDA-2023), 2023, Saint-Petersburg, Russia, March 22-24.2023. – P. 161-164.
24. Genichi Taguchi. System of experimental design, UNIPUB. KRAUS INTERNATIONAL PUBLICATION, New York, 1987.
25. Phadke M.S. Quality engineering using robust design. Prentice-Hall, Inc, 1989.
26. Nair V.N. editor, Taguchi's Parameter Design: A Panel Discussion. Technometrics. 1992, 34, pp.127–161.
27. Jeff Wu C.F., & Hamada M. Experiments: Planning, Analysis, and Parameter Design Optimization. John Wiley & Sons, Inc, 2000.
28. Taguchi G., Chowdhury S., Taguchi S. Robust Engineering. McGraw-Hill, 2000.
29. Baker T.B. Engineering quality by design: interpreting the Taguchi approach, Marcel Dekker, Inc and ASQC Quality Press, 2000
30. Genichi Taguchi. Subir Chowdhury, and Yuin Wu, Taguchi's Quality Engineering.
31. Kobe M., & Tateno M. An Improvement of Text Categorization Using Taguchi Method, Transactions of the 18th conference of the quality engineering (2010), pp.286–289.
32. Aquino M.R., Guédria W., Panetto H., Barafort B. A Framework for Assessing Capability in Organisations Using Enterprise Models. Journal of Industrial Information Integration 27, 100297.