

СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

The control of quality of enterprise functioning within the bounds of audit is fulfilled by method of heuristic search. The necessity to make a decision, which is based on facts, requires quantitative assessments. It is solved a task of statistic analysis of audit factors for objective appraisal of enterprise functioning.

Постановка задачи

Для контроля функционирования предприятий необходимо дать объяснения – это согласование факторов. И осуществить оценивание – определение количественных данных для практической работы. В рамках систем управления, основанных на стандартах ISO серии 9000, контроль осуществляется посредством аудита. Ставится задача сжатия информации путем описания процесса аудита при помощи общих факторных признаков. Один из этих признаков является результирующим. Еще один, или несколько, и, возможно, их взаимодействия – исходные. Интересуемся выявлением и изучением их статистической связи для объективной оценки качества функционирования предприятия и выработки обоснованных управляющих решений.

Результаты исследования

Посмотрим на предприятие с процессно-функциональной организационной структурой. Предположим, что все требования ДСТУ ISO 9001:2009 интегрированы в процессы, действующие внутри предприятия. Выделим объекты аудита. Для этого идентифицируем все функции (все элементы оргструктуры, т.е. подразделения) и все процессы. Объекты аудита – это комбинации функций и относящихся к ним процессов, включая подпроцессы всех уровней. Таким образом, для каждого P_m - го процесса ($m = \overline{1, M}$) необходимо определить все функции F_n ($n = \overline{1, N}$), вовлеченные в данный процесс (см. табл. 1).

Объекты аудита образуют множество $A = \{a_1, a_2, \dots, a_K\}$, $K \leq M \times N$.

Однако с точки зрения критериев аудита (правил, или требований, с которыми сравнивается полученная в результате аудита информация) матрица объектов аудита (табл. 1) может оказаться неудобной или даже непригодной для реализации. Потому, что не всегда возможно установить требования к большим объектам аудита и тем более объективно оценить выполнение этих требований. Предпочтительной является стратегия построения иерархичной матрицы объектов аудита вдоль функций и

процессов. Такое разбиение для одного объекта верхнего уровня может иметь, например, вид, представленный в табл. 2. Детализация этой таблицы может быть более глубокой: до конкретных исполнителей и (или) отдельных технологических операций внутри процедур. А также в обратную сторону: до производственных объединений (ассоциаций, концернов, корпораций), состоящих, как правило, из отдельных самостоятельных предприятий, имеющих право юридического лица.

Таблица 1

Матрица объектов аудита верхнего уровня

	F_1	F_2	F_3	...	F_n	...	F_N
P_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}	...	a_{1N}
P_3	-	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}	...	a_{2N}
P_3	-	-	a_{33}	...	a_{3n}	...	a_{3N}
P_4	-	-	-	...	a_{4n}	...	a_{4N}
...
P_m	-	-	-	...	a_{mn}	...	a_{mN}
...
P_M	-	-	-	...	-	...	a_{MN}

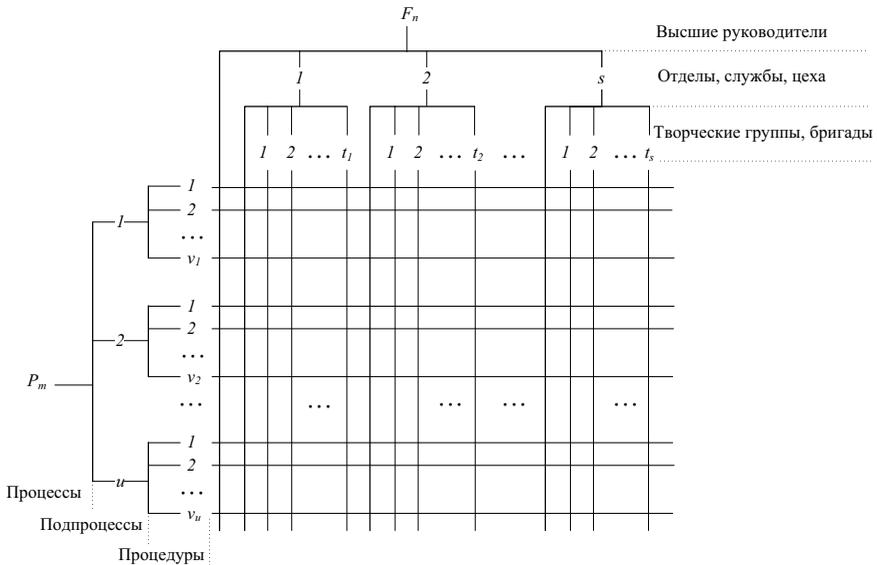
P_1, \dots, P_M – основные процессы предприятия;

F_1, \dots, F_N – функции (элементы оргструктуры верхнего уровня);

a_{11}, \dots, a_{MN} – объекты аудита.

Элементы этой матрицы также являются объектами аудита (нижнего уровня) и включают процедуры и исполнителей. Такая матрица простых объектов аудита позволяет учесть все элементы процессно-функциональных систем управления предприятиями. Также легко сформулировать количественные или качественные требования к объектам и оценить их. Итак, для оценки соответствия k -го объекта верхнего уровня у нас есть некоторое множество $A^{(k)} = \{a_1^{(k)}, a_2^{(k)}, \dots, a_L^{(k)}\}$ мощности $L = L(k)$ объектов аудита нижнего уровня – элементов матрицы, приведенной в табл. 2. Возникает проблема адекватности оценки объектов аудита верхнего уровня по оценкам совокупности объектов аудита нижнего уровня, а также оценки системы управления предприятием в целом на основе оценок ее отдельных элементов (объектов аудита верхнего уровня).

Матрица объектов аудита нижнего уровня



Предположим, для оценки результатов конкретных проверок используются три качественных признака: \bigcirc = Не выполнено, не соответствует; \odot = Частично выполнено, допустимо (есть замечания); \bullet = Выполнено, соответствует. Такие признаки, упорядоченные по степени проявления выражаемого им свойства, называют порядковыми.

Теперь надо подумать о результате наблюдения объекта аудита верхнего уровня ($a_k, k = \overline{1, K}$), т.е. оценить его. Основная цель при этом состоит в переходе от описательных признаков объектов аудита нижнего уровня к их числовому представлению [1,2]. Все (качественные) признаки, характеризующие объект a_k зафиксируем в виде эмпирического множества $E^{(k)} = \{e_1^{(k)}, \dots, e_L^{(k)}\}$. Формализация этого множества, или собственно переход от эмпирической системы в числовую, представляется совокупностью чисел – шкальных значений $X = \{x_1, \dots, x_L\}$. Для шкалы порядка допустимо любое монотонно возрастающее преобразование $\varphi(X)$: если $e_i^{(k)}, e_j^{(k)} \in E$ и $x_{i,k} = \varphi(e_i^{(k)})$, $x_{j,k} = \varphi(e_j^{(k)})$, то из $e_i^{(k)} \prec e_j^{(k)}$ должно следовать $x_i < x_j$. Здесь отношение (\prec) задает предпочтение, т.е. порядок на множестве качественных признаков; отношение ($<$) задает порядок на множестве числовых значений. Функция $\varphi(e_1, \dots, e_L) = \varphi(E)$ не отражает никакой реальной количественной закономерности, но только отношения

«больше» или «меньше» между значениями этой функции для различных наборов величин входных признаков. Для установления соответствия каждого объекта аудита из множества A с данным набором X различных частных (количественных) показателей используют обобщенный показатель в виде, например, геометрического среднего значения [3,4]:

$$y_k = \left(\prod_{i=1}^L x_{i,k} \right)^{\frac{1}{L}}, \quad k = \overline{1, K}, \quad L = L(k). \quad (1)$$

Итак, для получения утверждений о результатах аудита заменяем непосредственные оценки некоторыми манипуляциями с числами. И если переход от эмпирической системы в числовую сделан корректно, то можно получить утверждения, переносимые на содержательный язык [5]. Фактически вышеприведенные рассуждения есть только обоснование метода. Поскольку множество $E^{(k)}$ является конкретным и небольшим конечным множеством признаков, то наиболее естественным является выбор для числовой системы X множества целых чисел в соответствии с правилом: $x_{i,k} = i, k = \overline{1, K}$, при условии $e_i^{(k)} < e_j^{(k)} \leftrightarrow i < j$, если $i, j = 1$ (○), 2 (☺), 3 (●).

Например, оценивается объект аудита верхнего уровня – механообрабатывающее производство небольшого машиностроительного предприятия. В таблице 3 приведены эмпирические оценки результатов проверок. В строках записаны процедуры механообработки, а в столбцах – количество бригад. Обобщенный показатель вычисляется по формуле (1):

$$y = \sqrt[18]{3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 2,2$$

Общая оценка механообрабатывающего производства – ☺.

Таблица 3

Пример таблицы эмпирических оценок
Бригады

Токарная обработка	●☺☺●							
Фрезерная обработка		●☺●						
Слесарная обработка			☺☺○●					
Холодная штамповка				●				
Шлифовальная обработка					☺●			
Гравирование						☺		
Заточка							●	
Заготовительные работы								☺○

При условии, если получены все y_k обобщенных показателей объектов a_k , можно рассчитать обобщенный показатель Y соответствия СМК в целом:

$$Y = \left(\prod_{k=1}^K y_k \right)^{\frac{1}{K}}. \quad (2)$$

Показатель Y может быть использован для оценки качества функционирования предприятия.

Здесь уместно обратить внимание на известную и более подробную психофизическую шкалу желательности для установления соответствия субъективных оценок аудитора числовым отметкам. Для шкалы желательности имеются готовые разработанные таблицы соответствия между эмпирическими отношениями предпочтения и числовой системой [4,6]. Такая таблица содержит пять уровней эмпирического предпочтения (очень хорошо, хорошо, удовлетворительно, плохо, очень плохо), которым соответствуют отметки безразмерной шкалы желательности от 1 до 0. Это – частные желательности, которых в задаче может быть сколь угодно много. Обобщенная функция желательности (обобщенный показатель) задается как среднее геометрическое частных желательностей, т.е. по формуле (1).

Особенностью обобщенной функции желательности является то, что она принимает значение, равное нулю когда хотя бы одна частная желательность нулевая – максимально нежелательный уровень (очень плохо). С другой стороны, обобщенная функция желательности равна единице только тогда, когда все частные желательности равны единице – максимально возможный уровень соответствия (очень хорошо).

Рассмотренные выше шкалы представляют примеры шкал гиперпорядка, в которых работают параметрические статистические методы обработки данных. Поэтому после того как установлен обобщенный количественный показатель эмпирических оценок предпочтения, можно рассмотреть изменчивость объектов аудита от проверки к проверке.

Процесс аудита состоит в общей оценке объектов аудита, каждый из которых подвержен колебаниям в измерениях и влияет на искомую оценку соответствия. Для обработки данных аудита, связанных с выделением источников рассеяния некоторой случайной переменной y_k , характеризующей обобщенную оценку соответствия объекта аудита верхнего уровня, может быть использован метод дисперсионного анализа. Надо определить, в какой мере существенно на фоне случайных погрешностей влияние того или иного объекта аудита; сравнить эффекты различных объектов аудита. Главная цель планирования аудита состоит в уменьшении ошибки аудита. При проведении проверок необходимо так выбрать объекты аудита, чтобы результаты оценки не зависели от неоднородностей, вызванных профессиональными и личностными

качествами аудиторов. Этого можно добиться, применяя методы планирования блочных экспериментов. Отличие аудиторов (друг от друга) является мешающим фактором, влияние которого желательно свести к минимуму, применяя блочное планирование проверок.

Итак, предположим, идентифицировано множество $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ объектов аудита, которые нужно сравнить между собой, и множество $B = \{b_1, b_2, \dots, b_Q\}$ аудиторов (блоки). Рандомизированный полноблочный план, при котором каждый аудитор проверяет все объекты аудита, приведен в таблице 4. В этом плане порядок, в котором проверяются объекты аудита a_k внутри блоков (для каждой строки) случаен.

Таблица 4

План проверок						
Аудиторы	Объекты аудита					
	1	2	...	i	...	K
1	y_{11}	y_{21}	...	y_{i1}	...	y_{K1}
2	y_{12}	y_{22}	...	y_{i2}	...	y_{K2}
...
j	y_{1j}	y_{2j}	...	y_{ij}	...	y_{Kj}
...
Q	y_{1Q}	y_{2Q}	...	y_{iQ}	...	y_{KQ}

Как обычно, рандомизация проводится только внутри блоков – блоки представляют ограничение на рандомизацию. Модель рассматриваемого плана эксперимента имеет вид [7]:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \quad i = \overline{1, K}; j = \overline{1, Q}, \quad (3)$$

$$\text{при } \sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j = 0,$$

где: y_{ij} – результат измерения; μ – математическое ожидание общего среднего; α_i – эффект i -го объекта аудита верхнего уровня; β_j – эффект j -го блока; ε_{ij} – случайная ошибка.

Предполагается, что μ – фиксированная постоянная, и что ошибки – независимые, нормально распределенные случайные величины с нулевым средним и одинаковой дисперсией. Эффекты объектов аудита и блоков определяются как отклонения от математического ожидания общего среднего. Проверяется равенство эффектов объектов аудита, т.е. гипотезы:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_K = 0; H_1: \alpha_i \neq 0 \text{ хотя бы для одного } i.$$

Нулевая гипотеза предполагает, что изменчивость результатов проверок определяется только ошибкой метода. Конкурирующая гипотеза

предполагает значимое отличие результатов проверок от ошибки метода. Если анализ показывает, что между объектами аудита существуют значимые различия, то можно продолжить исследование средних по объектам аудита. Для этой цели может быть использован, например, множественный критерий размахов Дункана. Он позволяет выявить объекты или группы объектов аудита, которые соответствуют установленным требованиям значительно меньше, чем другие. В результате можно установить приоритеты в корректирующих действиях.

Следует также проверить целесообразность группирования в блоки при аналогичных аудитах в будущем, гипотезу $H_0 : \beta_j = 0$ – эффекты аудиторов отсутствуют, рассеяние средних значений для аудиторов определяется только ошибкой метода. При проверке этой гипотезы возможны проблемы. Рандомизация ограничена размером блока – числом имеющихся в наличие аудиторов. Если блоки образованы и используются не случайным образом, то это исключает возможность проверки гипотезы $H_0 : \beta_j = 0$.

Для проверки обоих эффектов уместна модель факторного эксперимента с двумя пересекающимися факторами при однократных наблюдениях в каждой ячейке. Модель такого факторного эксперимента совпадает с моделью (3). Однако в этом случае все $K \times Q$ проверок производятся в случайном порядке. Поэтому способы сбора данных и их интерпретация – другие.

Если существует взаимодействие между объектами аудита и аудиторами (блоками), то точность сравнения объектов аудита на основе линейной модели рандомизированного полноблочного плана понижается. Исключением является модель со случайными блоками: факторная модель случайных эффектов. В этом случае, т.е. когда существенно взаимодействие, модель (3), интерпретируемая как модель для двух факторов с одной репликой (одним наблюдением в ячейке) не позволяет построить критерии для проверки главных эффектов. Оценить эффект взаимодействия без наличия параллельных наблюдений невозможно. Такие наблюдения можно представить линейной моделью вида:

$$y_{ijh} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijh}, \quad i = \overline{1, K}; j = \overline{1, Q}; h = \overline{1, C} \quad (4)$$

при, $\sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j = \sum_i \sum_j (\alpha\beta)_{ij} = 0,$

где: y_{ijh} – наблюдения для i -го объекта аудита и j -го аудитора, $(\alpha\beta)_{ij}$ – эффект взаимодействия между α_i и β_j , C – число параллельных наблюдений.

Эффект взаимодействия возможен в случае предвзятого отношения аудитора к какому-либо из проверяемых подразделений или кому-либо из

проверяемого персонала. Также взаимодействие между объектами и аудиторами возможно, если аудиторы выбираются не случайно. Этот эффект лучше исключить, например, увеличением и ротацией команды аудиторов. Существует рекомендация, если возникают сомнения относительно существенности эффектов блоков, то лучше все-таки применять блочное планирование. Хотя группирование в блоки не желательно, если изменчивость внутри блока такая же, как изменчивость между блоками.

Заключение

Адекватность проверок – суть гарантия того, что система работает так как должно. По мнению христианского философа раннего средневековья Боэция «всякая участь есть благо, поскольку она или справедлива, или полезна». Однако, что касается корпоративного успеха, нам ближе подход прагматический, нежели философский. Нас волнует, скорее, не то, где мы сейчас находимся и что с нами произойдет, а наше состояние. То есть мы желаем не выглядеть лучше, а стать лучше. Для любой компании драгоценным является истинное знание своего собственного «я». Без этого знания даже успех не должен утешать, ибо увлекает ласками и часто сбивает с пути.

Подлинное благо – это та участь, которая воздает справедливо по нашим усилиям. Посему и необходима более фактическая и менее умозрительная оценка наших усилий. Представленный выше метод позволяет этого достичь. Однако продемонстрированный выше метод не обеспечивает формально строгий анализ динамики показателей. Оценка (2) без формального критерия, представляется недостаточно объективной. Поэтому, возможно, следует вести в рассмотрение фактор времени. Такое решение приводит к существенному увеличению трудоемкости и его необходимо серьезно обосновывать.

1. *Адлер Ю.П.* Предпланирование эксперимента / *Ю.П. Адлер.* – М.: Знание, 1978. – 72 с.
2. *Александров В.В.* Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных / *В.В. Александров, Н.Д. Горский.* – Л.: Наука, 1983. – 208 с.
3. *Айвазян С.А.* Классификация многомерных наблюдений / *С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов.* – М.: Статистика, 1974. – 238 с.
4. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / *Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский.* – М.: Наука, 1976. – 280 с.
5. *Ковалев А.И.* Прологомены к методам научных исследований / *А.И. Ковалев.* – Харьков: ИД «ИНЖЕК», 2005. – 312 с.
6. *Новик Ф.С.* Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента / *Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов.* – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
7. *Монтгомери Д.К.* Планирование эксперимента и анализ данных / *Д.К. Монтгомери;* пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.

Поступила 11.08.2010р.