

УДК 004.422.81

Вакуленко А.А., Стрелец А.В., Сытник Д.А.
(г. Тверь, г. Москва)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА АНКЕТЫ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ АНКЕТИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В работе предложена методика оценки влияния качества анкеты на достоверность результатов анкетирования методом имитационного моделирования, которая может применяться в системе экспертизы качества анкетирования для предварительных оценок достоверности результатов, полученных этим методом. Содержание методики заключается в проведении статистических испытаний процедуры анкетирования с использованием имитационных моделей работы респондентов и обработки данных анкетирования, которые представлены в виде зависимостей от параметров, характеризующих качество анкеты. Реализация методики оценки влияния качества анкеты на достоверность результатов анкетирования позволит повысить его эффективность.

Ключевые слова: анкетирование, достоверность результатов анкетирования, шкала показателя, обработка данных анкетирования, имитационная модель респондента, оценка достоверности, качество анкеты.

A. Vakulenko, A. Strelets, D. Sytnik
(Tver, Moscow)

METHODS OF ASSESSING THE IMPACT OF THE QUESTIONNAIRE'S QUALITY ON THE POLLING RESULTS RELIABILITY BY MEANS OF SIMULATION

Abstract. This work describes the technique of evaluation of the influence of the questionnaire quality on the reliability of polling results got by means of simulation. The technique can be applied to a system of expert survey quality examination for obtaining preliminary assessments of the results reliability which were obtained by means of simulation. The content of the method consists in conducting statistical surveys with the use of respondent simulation models and questionnaire data processing, presented in the form of dependences on the parameters that characterize the questionnaire quality. The implementation of this technique results in the increase of survey efficiency.

Key words: questionnaire poll, reliability of survey results, indicator scale, questionnaire data processing, respondent simulation model, assessment of reliability, questionnaire quality.

Метод анкетирования, наряду с преимуществами по сравнению с другими методами, не лишен слабых сторон, снижающих достоверность его результатов. К наиболее существенным из них относятся: субъективность респондентов при ответах на вопросы анкеты; субъективность исследователя при составлении самой анкеты; неопределённость представительной аудитории респондентов; случайный характер ответов на вопросы анкеты и возможная неопределённость их трактовки; затраты времени и средств на распространение анкетных бланков, сбор и обработку информации, полученной от респондентов. Уменьшение влияния первых двух из перечисленных факторов достигается за счёт совершенствования методов составления анкет. Ослабление воздействия последнего фактора в настоящее время может быть достигнуто за счёт электронного анкетирования с применением компьютерных технологий, что требует разработки методик формализованного описания электронных анкет, оценки их качества, форматов представления вопросов анкеты, хранения собранной от респондентов информации и программного обеспечения для обработки данных анкетирования.

Цель работы – предложить методику предварительной оценки достоверности результатов анкетирования на основании априорных сведений о качестве применяемых анкет.

Процедура оценки достоверности результатов анкетирования может быть разделена на два этапа. На первом этапе выполняется априорная оценка достоверности, на втором – эмпирическая оценка. Первый этап заключается в получении предварительных оценок, основанных только на рассмотрении показателей качества анкеты и особенностях прогнозируемой аудитории респондентов. Второй этап заключается в получении экспериментальных данных и проведении статистического анализа этих данных.

При априорной оценке достоверности результатов анкетирования используются априорные сведения о показателях качества анкеты и о прогнозируемой аудитории респондентов. Оценка достоверности результатов анкетирования заключается в получении количественных значений прогнозируемых диапазонов отклонений результатов анкетирования от истинных априори заданных значений.

Методика оценки влияния качества анкеты на достоверность результатов анкетирования включает модель работы респондента и

модель обработки данных анкетирования, построенные на основании априорных данных о качестве анкеты. При этом аудитория респондентов предполагается однородной. Для получения оценок достоверности применяются совместно метод аналитических расчётов и метод статистических испытаний.

Для обеспечения однозначной интерпретации данных электронного анкетирования и возможности их автоматической обработки применяются закрытые вопросы, различающиеся видом шкалы [1]. Основные виды шкал – количественная (числовая) и качественная, последняя подразделяется на номинативную и порядковую. По форме представления вариантов ответов вопросы анкеты могут быть разделены по типам: дихотомический, который является частным случаем вопроса с ограниченным количеством альтернатив (номинативная шкала); шкала Лайкерта (порядковая шкала); числовая шкала с непрерывным множеством оценок в пределах заданного диапазона.

Для номинативной шкалы модель ответа респондента представлена в виде параметра p – вероятности выбора правильного ответа на вопрос, зависящей от степени валидности вопроса анкеты. Если n – количество

вариантов ответа, то p принимает значения в диапазоне от $\frac{1}{n}$ до 1.

Значение $\frac{1}{n}$ соответствует минимальному значению степени валидности

вопроса анкеты, а 1 – максимальному. В более общем виде модель респондента может быть представлена в виде набора чисел

$(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$, $p_i \in \left[\frac{1}{n}; 1 \right]$. Значение p_i равно вероятности

выбора варианта ответа с номером i , который для данного респондента является правильным. Вероятность выбора неправильного ответа имеет

равные значения $\frac{1-p_i}{n-1}$ для оставшихся вариантов ответов.

Ошибки в работе респондентов при ответах на вопросы с порядковой или числовой шкалой обусловлены в большей степени двумя причинами: неполным пониманием респондентом соотношений между градациями шкалы и случайными отклонениями, связанными с неточностью позиционирования ответа в виде действительного числа. Модель респондента при ответах на вопросы с числовой и порядковой шкалой

представляется в виде ограниченного множества допустимых монотонных преобразований. Ограничение строится исходя из тех соображений, что понимание соотношения градаций шкалы ответов находится в определённых разумных пределах. Для указания таких ограничений должны быть заданы два числа: коэффициенты максимального (k_{\max}) и минимального (k_{\min}) возрастания функции допустимого преобразования. Ответ на вопрос анкеты обозначим через переменную x . Если принять минимальное значение ответа на вопрос равным 0, а максимальное значение ответа – равным x_{\max} , то допустимое преобразование шкалы является некоторой монотонно возрастающей функцией: $\varphi: [0; x_{\max}] \rightarrow [0; x_{\max}]$, удовлетворяющей условиям $\varphi(0) = 0$ и $\varphi(x_{\max}) = x_{\max}$. Ограничения на множество таких функций задаются следующим набором условий:

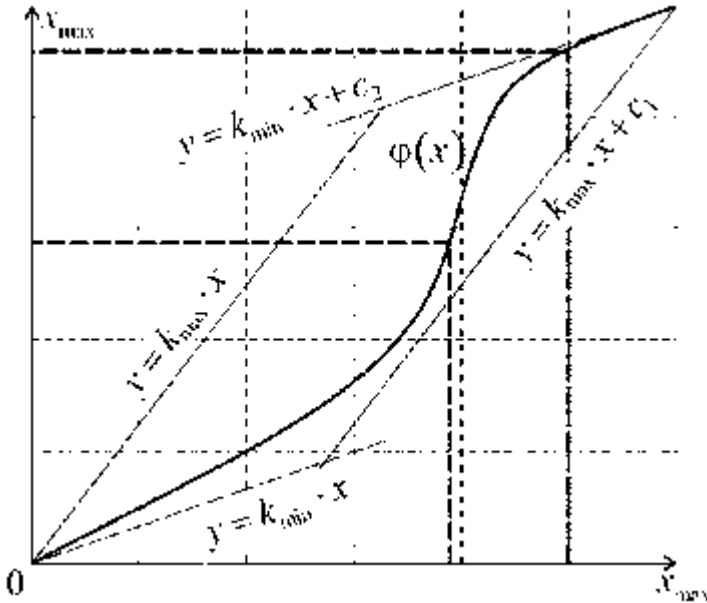
$$\begin{cases} \varphi(x) \leq x \cdot k_{\max}; \\ \varphi(x) \leq x \cdot k_{\min} + c_2; \\ \varphi(x) \geq x \cdot k_{\max} + c_1; \\ \varphi(x) \geq x \cdot k_{\min}, \end{cases}$$

в которых параметры удовлетворяют следующим ограничениям:

$$k_{\max} > 1; \quad k_{\min} < 1; \quad c_2 = x_{\max} \cdot (1 - k_{\min}), \\ c_1 = x_{\max} \cdot (1 - k_{\max}).$$

Иллюстрация ограничений на множество функций допустимых преобразований показана на рис. 1. Геометрически эти ограничения означают, что график функции $\varphi(x)$ должен проходить внутри области, ограниченной параллелограммом, стороны которого задаются уравнениями линейных функций с коэффициентами k_{\max} , k_{\min} , c_1 и c_2 .

Рис. 1. Параметры монотонного преобразования шкалы



При использовании числовой шкалы ответ респондента приблизительно представляется случайной величиной, распределенной по нормальному закону с параметрами: математическое ожидание – x_0 , среднеквадратическое отклонение – σ_r , которые задаются в качестве исходных данных, исходя из прогнозируемых характеристик респондента.

При проведении анализа нескольких объектов, значения оценок которых неравномерно расположены в пределах шкалы ответов, распределение значений функции допустимых преобразований зависит от величины x_0 . Для учета этого фактора используется модель нечёткого множества значений допустимого преобразования с функцией принадлежности:

$$\lambda(x) = \left(\frac{2 \cdot \Delta_1(x_0) \cdot \Delta_2(x_0)}{\Delta_1(x_0) + \Delta_2(x_0)} \right)^2 \cdot \left(1 + \frac{x - x_0}{\Delta_1(x_0)} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{x - x_0}{\Delta_2(x_0)} \right)^2, \quad (1)$$

$$\text{где } \Delta_1(x_0) = \min \left\{ (k_{\max} - 1) \cdot x_0, (k_{\min} - 1) \cdot x_0 + c_2 \right\};$$

$$\Delta_2(x_0) = \min \left\{ (1 - k_{\min}) \cdot x_0, (1 - k_{\max}) \cdot x_0 + c_1 \right\}.$$

С помощью этой функции устанавливается интервал возможных отклонений ответов респондента относительно значения оценки x_0 .

При построении модели респондента, отвечающего на вопросы с порядковой шкалой ответов, результат ответа формируется следующим образом. Если порядковая шкала содержит K вариантов ответа, пронумерованных числами от 1 до K , то диапазон числовых значений варианта ответа разбивается на отрезки длиной:

$$\frac{x_{\max}}{K} : \left[(k-1) \cdot \frac{x_{\max}}{K}; k \cdot \frac{x_{\max}}{K} \right], k = 1, \dots, K. \quad (2)$$

Выбор варианта ответа респондента в модели выполняется по следующему правилу. При условии, что значение оценки объекта задано величиной $x \in [0; x_{\max}]$, вычисляется значение оценки,

сформированной респондентом, в соответствии с моделью для числовой шкалы: $x_r = \varphi(x) + \xi$, где $\varphi(x)$ – функция преобразования шкалы, а ξ – случайная величина с функцией распределения $\lambda(x)$. Для

полученной величины x_r определяется значение k_r по правилу: если

$x_r < \frac{x_{\max}}{K}$, то $k_r = 1$; если $x_r \geq (K-1) \frac{x_{\max}}{K}$, то $k_r = K$; иначе

находится такое значение k_r , для которого выполняется условие

$$(k_r - 1) \cdot \frac{x_{\max}}{K} \leq x_r < k_r \cdot \frac{x_{\max}}{K}.$$

Полученное значение k_r

принимается в качестве результата ответа респондента на вопрос с порядковой шкалой ответов.

При построении модели обработки данных анкетирования рассматривается следующая схема. Задача анкетирования состоит в оценке качества объектов (K_o – количество объектов). Для проведения оценок методом анкетирования разработана анкета (A), содержащая n вопросов (V_1, \dots, V_n), каждый из которых характеризует отдельное свойство оцениваемого объекта. Все вопросы подразделяются на группы в

соответствии с типом шкалы ответов (номинативные, порядковые, числовые). К анкетированию привлекается K_p респондентов.

Респондентам предлагается заполнить анкету по каждому из оцениваемых объектов. Заполненная анкета называется заключением, а набор всех заключений в количестве $K_p \cdot K_o$ составляет данные анкетирования.

Модель анкетирования представляется в виде отображения множества объектов во множество заключений: $Z = Z(O, A, P)$, где Z – заключение; O – оцениваемый объект, A – анкета, P – респондент.

Данные анкетирования обрабатываются с целью получения оценок качества объектов. Алгоритм обработки этих данных зависит от типа вопроса и, как правило, основан на методах статистической обработки нечисловых данных [2; 3]. Результат анкетирования представляется в виде зависимости интегрального показателя качества объекта от частных свойств, которая задается исследователем, проводящим анкетирование:

$$V = V(o_1, \dots, o_n).$$

Обработка данных, представленных в номинативной шкале, заключается в выявлении процентного отношения (доли) количества ответов на каждый из вариантов ответа. В связи с этим модель обработки номинативных данных представляется следующим образом. Пусть M – количество вариантов ответа на номинативный вопрос анкеты. Среди всех респондентов, предоставивших ответ на этот вопрос, вычисляются доли соответствующих вариантов ответа по формуле:

$$q_i = \frac{k_i}{K}, \quad i = 1, \dots, M; \quad \sum_{i=1}^M k_i = K, \quad (3)$$

где: K – количество респондентов; k_i – количество респондентов, выбравших вариант ответа с номером i .

При обработке данных в числовой шкале наиболее распространенным результатом обработки является среднее значение и величина стандартного отклонения. В зависимости от того, известен закон распределения или не известен, для вычисления среднего могут применяться оценки в виде среднего арифметического или медианы. Оценка среднего в виде медианы чаще всего применяется для обработки ответов на вопросы с порядковой шкалой [2].

Данные анкетирования, выраженные в порядковой шкале, которая имеет конечное количество градаций, могут быть представлены в виде

таблицы частот: f_1, f_2, \dots, f_M , где: M – количество градаций
порядковой шкалы, а $f_i = \frac{k_i}{K}$; K – количество респондентов; k_i –

количество респондентов, выбравших в качестве ответа градацию с номером i . При обработке порядковой статистики, как правило, вычисляется медиана для оценки среднего результата, в более редких случаях в качестве результата обработки данных используется мода. Степень разброса значений порядковых данных относительно медианы характеризуется такими величинами, как размах выборки (разность максимального и минимального значений) или верхней и нижней границей, в пределах которых находится заданное процентное отношение элементов выборки.

Достоверность результатов анкетирования характеризуется величиной отклонения этих результатов относительно истинных значений. Для определения достоверности анкетирования при заданных параметрах качества анкет выполняется оценка показателей достоверности по каждому вопросу анкеты. При этом отдельно рассматриваются вопросы с различным типом шкалы ответов. Для каждого типа вопросов степень достоверности характеризуется прогнозируемой величиной отклонения результатов анкетирования от истинных значений и интервалом значений, в пределах которого может находиться результат анкетирования с заданной вероятностью. При сравнительной оценке качества объектов за меру достоверности может приниматься вероятность принятия неверного решения при сравнении двух объектов в зависимости от разности истинных значений показателя качества этих объектов.

При оценке достоверности результатов обработки данных в числовой шкале принимаются решения о том, в пределах какого диапазона могут находиться средние значения с заданной вероятностью, а при сравнении оценок различных объектов – насколько правильным может быть решение о предпочтительности одного из них.

При оценке достоверности результатов обработки данных в порядковой шкале принимаются решения о достоверности сравнения оценок различных объектов. Достоверность анкетирования в этом случае характеризуется вероятностью выполнения правильного сравнения. Вероятность правильного сравнения объектов рассчитывается с использованием модели работы респондента методом статистических испытаний.

В качестве примера проведено имитационное моделирование анкетирования для анкеты, содержащей вопрос с номинативной шкалой ответов. Значение показателя доли полагается равным величине q_i . С учётом наличия случайных ошибок респондентов в ответах на вопрос анкеты результат обработки представляется случайной величиной:

$$\hat{Q}_i = \frac{k_i}{K}, \quad i = 1, \dots, M; \quad \sum_{i=1}^M k_i = K,$$

где: K – количество респондентов; k_i – количество респондентов, выбравших вариант ответа с номером i ; M – количество вариантов ответа на номинативный вопрос анкеты.

Разность значений q_i и \hat{Q}_i включает систематическую составляющую и случайную составляющую. Систематическая составляющая определяется в виде разности q_i и выборочного среднего значения случайной величины \hat{Q}_i для каждого варианта ответа с номером $i = 1, \dots, M$. При проведении выборочного анкетирования величина q_i также является случайной величиной за счёт случайного выбора состава респондентов. В этом случае систематическая составляющая определяется как разность двух средних значений долей: с учётом ошибок респондентов и без учёта ошибок респондентов.

В соответствии с принятой моделью работы респондента, которая характеризуется параметрами $p_i \in \left[\frac{1}{M}; 1 \right]$ (вероятность выбора правильного ответа респондентом), среднее значение Q_i вычисляется по формуле:

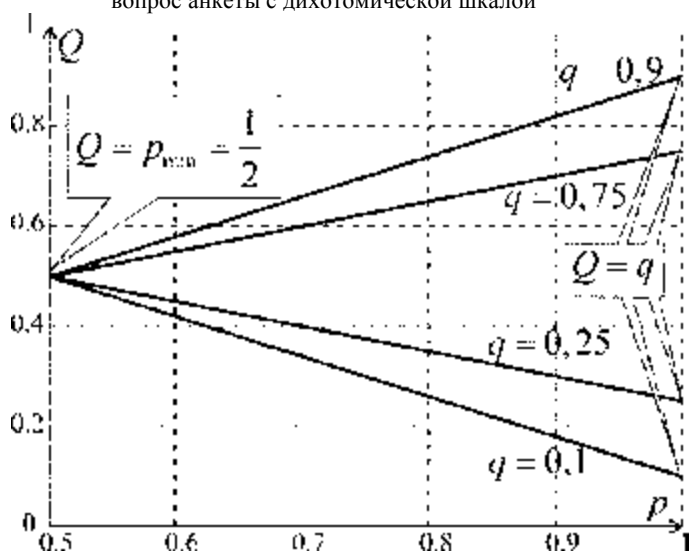
$$Q_i = q_i \cdot p_i + \frac{(1 - p_i)}{M - 1} \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M q_j. \quad (4)$$

Для дихотомической шкалы формула упрощается:
 $Q = q \cdot p + (1 - q) \cdot (1 - p).$

Как видно из приведённых формул, результат вычисления доли существенно зависит от параметра p , характеризующего содержательную валидность вопроса анкеты. При $p=1$ априорные значения и результаты вычисления доли совпадают, а при p_i , близких к минимальным значениям, величина Q_i становится близкой к значению $\frac{1}{M}$.

Зависимость среднего значения Q от вероятности ошибочного ответа респондента p для дихотомического вопроса при нескольких значениях доли q показана на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость средней доли от вероятности ошибочного ответа на вопрос анкеты с дихотомической шкалой



Систематическая составляющая ошибки зависит от значения доли и вычисляется по формуле:
$$s = q_i - Q_i = (1 - p_i) \cdot \left(\frac{M \cdot q_i - 1}{M - 1} \right).$$

Случайная составляющая характеризуется величиной дисперсии, которая для дихотомического вопроса вычисляется по формуле:

$\mu^2 = Q(1-Q)/K$, а в общем случае для дисперсии может быть

получена верхняя оценка в виде: $\mu_{i\max}^2 = \frac{Q_i(1-Q_i)}{K}$, $i = 1, \dots, M$.

Решение о недостоверности результатов анкетирования при ответах на вопрос с номинативной шкалой принимается по критерию $Q_i \notin [q_i - t_\alpha \cdot \mu_{i\max}; q_i + t_\alpha \cdot \mu_{i\max}]$, где в качестве t_α выбирается квантиль нормального распределения с уровнем α . Косвенным признаком недостоверности результатов анкетирования может служить близость значений \hat{Q}_i для всех $i = 1, \dots, M$ к значению $\frac{1}{M}$ (к равномерному распределению по вариантам ответа).

Актуальность проведённого исследования подтверждается тем, что оно выполнялось в рамках научно-исследовательской работы «Разработка комплекса методик для автоматизации формирования, обработки и экспертизы электронных анкет, используемых в системах контроля и оценки качества объектов» в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (лот 2011-1.2.1-215-009).

Реализация предложенной методики оценки влияния качества анкеты на достоверность результатов анкетирования позволит повысить эффективность анкетирования за счёт получения предварительных оценок достоверности его результатов методом имитационного моделирования.

Литература:

1. *Дубина И.Н.* Математические основы эмпирических социально-экономических исследований: учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. – 263 с.
2. *Орлов А.И.* Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 513 с.
3. *Толстова Ю.Н.* Анализ социологических данных. Методология, дескриптивная статистика, изучение связей между номинальными признаками. – М.: Научный мир, 2000. – 352 с.