
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 004.9+681.3

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ШКАЛЫ ЦВЕТОВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ РЕСПОНДЕНТОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ОПРОСНЫХ МЕТОДИКАХ

Статья поступила в редакцию 28.11.2015, в окончательном варианте 24.02.2016.

Кондратенко Сергей Викторович, аспирант, Брянский государственный технический университет, 241035, Российская Федерация, г. Брянск, бул. 50-летия Октября, 7, e-mail: sergejkonet@mail.ru

Рассмотрен комплекс теоретических вопросов, связанных с основными особенностями цветовых предпочтений людей. На основе анализа литературных источников подтверждена индивидуальность и независимость таких предпочтений от субъективных факторов. Рассмотрена методика построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений (ШЦП) респондента на основе метода парных выборов Л. Терстоуна. Результатом применения данной методики является шкала с весовыми значениями для каждого из цветов. Приведен практический пример применения данной методики. В дальнейшем эта ШЦП может использоваться для исследований (оценок) предпочтений респондентов в отношении различных объектов, представленных в виде текста, графики, звука, мультимедиа. Показано, что использование ШЦП имеет при тестировании преимущества по отношению к балльным оценкам объектов. Описан разработанный автором программный комплекс, включающий два модуля: получения индивидуальных ШЦП респондентов; оценки на основе этой шкалы предпочтений тех же лиц в отношении исследуемых объектов.

Ключевые слова: цветовые предпочтения, метод парных выборов, индивидуальная шкала цветовых предпочтений, методики тестирования, психофизиологические исследования, цветовой тест, автоматизированная система тестирования, проективные методики тестирования

THE APPLICATION OF THE SCALE OF INDIVIDUAL COLOR PREFERENCES OF RESPONDENTS IN TESTING METHODS

Kondratenko Sergei V., post-graduate student, Bryansk State Technical University, 7 50-letie Oktyabrya bul., Bryansk, Russian Federation, e-mail: sergejkonet@mail.ru

This article reviewed the main features of color preferences. Presents the works of famous scientists, confirming their identity and independence of subjective factors. The method of constructing the individual preference of the respondent color scale based on the method of election of pair L. Thurston. An example of the practical application of this technique for the construction of individual scale color preference of the respondent. The result of applying this method is the individual scale color preferences with the weight value of each color. Also it developed and presented an algorithm of application of this method within the software package to determine the attitude of the respondents to the issues under investigation based on their color preferences. This technique is used at the stage of preliminary testing and is placed on a series of color pairs, in each of which the respondent has to choose the color that he likes. In the future, the scale is the standard color values weighted and used to process the results of the main test.

Keywords: color preferences, method of election of pair, individual range of color preferences, test methods, case studies, color test, automated test system, projective testing methodology

Вопросы оценки цветовых предпочтений пользователей важны во многих случаях: при разработке дизайна оборудования и бытовых предметов; цветов для помещений в зданиях; колористических решений для архитектурных объектов; интерфейсов программных средств; сцен в кино- и видеофильмах; для обеспечения эффективности восприятия людьми предупреждений об опасных ситуациях, действиях и пр. Вопросам выяснения таких предпочтений, в т.ч. по результатам анкетирования, посвящено достаточно много работ [1, 5, 7, 12, 17]. Однако некоторые направления, относящиеся к методологии выполнения таких оценок на основе экспериментальных исследований, остаются исследованными недостаточно полно. Одним из них является применение парных выборов цветов для построения и прак-

тического использования шкалы цветовых предпочтений (ШЦП). Поэтому целью данной статьи является анализ применения метода парных выборов для построения индивидуальных ШЦП. Кроме того, рассмотрены направления последующего применения таких ШЦП при решении практических задач оценки отношения респондента или группы респондентов к исследуемым объектам.

Общая характеристика проблематики исследований. Эмоциональные процессы и определение отношения личности к какому-то объекту являются одними из наиболее сложных проблем для психологических (психофизиологических) исследований. Прежде всего, это обусловлено высокой трудоемкостью методик диагностики эмоциональной сферы. Для таких методик характерно, как правило, большое количество вопросов в анкетах, либо требуется много времени для проведения устного опроса, фиксации его результатов, их интерпретации. В ряде случаев рассматриваемые методики имеют высокую степень субъективности, так как основываются на проективных рисуночных методах [6].

Поэтому в последнее время все более актуальными становятся вопросы поиска и разработки новых подходов к выявлению отношений респондента к определенному предмету (объекту). В основу предлагаемого в данной статье метода положено применение цветовых оценок с целью эмоциональной диагностики. Цветовой спектр позволяет представить эмоции человека через большое количество промежуточных оттенков и состояний.

В работах российских исследователей, выполненных под руководством Ч.А. Измайлова [3], утверждается, что цветовую палитру можно представить в виде непрерывного континуума, на котором можно расположить основную часть человеческих эмоций. Большая часть эмоций человека коррелирует с цветовой палитрой от синего до сине-красного, малинового или фиолетового цветов. Оставшаяся часть эмоций соотносится с зеленым и зелено-синим цветами спектра и совсем мало эмоций – с салатовыми тонами [9, 10, 13].

Г. Флиринг и К. Ауэр [11] по результатам выполненной ими работы пришли к выводу, что у всех людей есть индивидуальное отношение к цвету. Человек испытывает симпатию к одним цветам и антипатию к другим. Таким образом, можно сказать, что у каждого человека есть свой рейтинг любимых и нелюбимых цветов. Однако предпочтения людей в отношении цветов могут изменяться вследствие временных, культурных, этноконфессиональных и других факторов, а также под воздействием средств массовой информации (например, в отношении цветов, модных в одежде на будущий сезон). Таким образом, эти предпочтения носят динамический характер. Вопросы устойчивости цветовых предпочтений респондентов во времени, а также под воздействием различных информационных влияний могут быть предметом отдельных исследований.

Построение индивидуальной ШЦП является важным этапом при создании системы тестирования на основе цветовых предпочтений респондентов. Ниже в статье предлагается алгоритм реализации подобного процесса, в основу которого положен метод парных выборов.

Обзор существующих подходов к построению цветовых предпочтений респондентов. Существуют различные способы построения индивидуальной ШЦП. Самые распространенные в настоящее время – это методы шкалирования субъективных характеристик стимулов, не имеющих прямых физических коррелятов. Такие подходы основаны на модели шкалирования Терстоуна [14], включающей последовательное выполнение следующих действий.

1. Имеющееся множество объектов можно упорядочить в континуум по какому-либо из параметров, который может служить стимулом, причем этот параметр не обязательно имеет физическую меру. Обозначим ряд стимулов как $\{1, \dots, i, \dots, n\}$.
2. Каждый стимул теоретически вызывает у субъекта только один, свой собственный процесс различения (обозначим его буквой S). Процессы различения составляют психологический континуум или континуум различения ($D_1 \dots D_i \dots D_n$). Однако вследствие мгновенных флуктуаций в организме человека, данный стимул может вызвать не только свой собственный процесс различения, но и какие-то иные, чаще всего, соседние. Поэтому, если один и тот же стимул предъявлять много раз, то на психологическом континууме ему будет соответствовать некоторое распределение для результатов процессов различения. При этом предполагается, что такое распределение носит нормальный характер.
3. В качестве значения i -го стимула на психологической (психофизиологической) шкале принимается среднее (S_i) распределение процессов различения, а дисперсия распределения рассматривается как дисперсия различения (s_i).

4. Предъявление одновременно пары стимулов вызывает два процесса различения d_i и d_j . Разность $(d_j - d_i)$ называется различительной разностью.

На рисунке 1 представлен пример распределения процессов различения стимулов S_i и S_j на психологическом континууме. Заштрихованная область указывает частоту суждения: стимул j нравится больше стимулу i , а незаштрихованная, наоборот, стимул j нравится меньше; d_{ij} – различие шкальных значений стимулов i и j , измеренное в единицах стандартного отклонения данного распределения, т.е. $\sigma(d_i - d_j)$.

При большом числе предъявлений одному и тому же лицу двух стимулов различительные разности также формируют свое нормальное распределение на психологическом континууме. Поэтому среднее распределение разностей различения $(d_j - d_i)$ будет равно разности средних распределений самих процессов различения, т.е. $(S_j - S_i)$. В этом случае дисперсия распределения различительных разностей будет равна:

$$s(d_j - d_i) = \sqrt{(s_j^2 + s_i^2 - 2r_{ij}s_i s_j)}, \quad (1)$$

где s_i и s_j – дисперсии процессов различения i -го и j -го стимулов, соответственно, а r_{ij} – корреляция между однократными результатами процессов различения стимулов i и j .

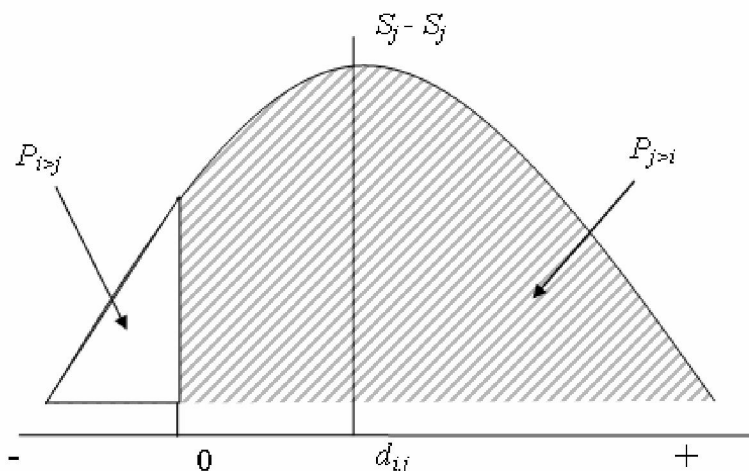


Рис. 1. Пример распределения процессов различения стимулов S_i и S_j на психологическом континууме

Рассмотрим теперь следующую ситуацию. Пусть наблюдателю предъявляются пары цветов i и j , и от него требуется выбрать из предлагаемой пары предпочтительный цветовой стимул.

Предполагается, что если различительный процесс для стимула j окажется на психологическом континууме выше, чем для стимула i . То есть если различительная разность $(d_j - d_i) > 0$, то это соответствует суждению, что испытуемому цвет j нравится больше, чем цвет i . И, соответственно, при $(d_j - d_i) < 0$ суждение будет носить обратный характер.

Рассмотрим теперь, как соотносятся исходные данные с теоретической формой их выражения. Число независимых элементов в матрице выборов F равно $n(n-1)/2$, где n – число стимулов. В то же время закон сравнительных оценок имеет для тех же n стимулов и n неизвестных шкальных значений, n неизвестных дисперсий различительных процессов и $n(n-1)/2$ неизвестных корреляций. Совершенно очевидно, что при таком соотношении числа уравнений $n(n-1)/2$ и числа неизвестных $2n + n(n-1)/2$, решить данную систему уравнений невозможно, т.к. она является недоопределенной [3, 21]. Поэтому необходимо ввести условия, упрощающие структуру выражения.

Л. Терстоун рассматривал 5 вариантов применения этого закона [14]. Наибольшее применение нашел пятый вариант закона сравнительных оценок Терстоуна, вследствие простоты своей фор-

мы. Этот вариант основывается на допущении нулевой корреляции между двумя процессами различения ($r = 0$) и равенства различительных дисперсий этих процессов ($S_j = S_i = s$). Тогда выражение (1) преобразуется в

$$S_j - S_i = z_{j,i} s, \quad (2)$$

где $z_{j,i}$ – обозначает искомое различие восприятия между предлагаемыми стимулами на психологическом континууме.

В пятом варианте закона, записанном в общем виде (формула (2)), единицы измерения шкальных значений всегда можно подобрать так, чтобы константа « s » была равна «1». Тогда:

$$S_j - S_i = z_{j,i}, \quad (3)$$

В случае отсутствия ошибок в оценках предлагаемых стимулов z , искомое различие будет равно наблюдаемому (обозначим его $z'_{j,i}$). Однако в результате ошибок между $z'_{j,i}$ и $z_{j,i}$ будет некоторое расхождение a . Задача заключается в получении такого множества оценок шкальных значений стимулов, для которых сумма квадратов всех расхождений является минимальной. Таким образом, необходимо минимизировать величину:

$$a_{i,j} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (z'_{i,j} - z_{i,j})^2. \quad (4)$$

Подставив вместо $z_{i,j}$ шкальные значения, получим:

$$a_{i,j} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (z'_{i,j} - S_i + S_j)^2. \quad (5)$$

Все $a_{i,j}$ для всех $z_{i,j}$ из матрицы $[Z]$ дадут матрицу ошибок $[A]$. Чтобы минимизировать каждый элемент $a_{i,j}$, необходимо взять частные производные от $a_{i,j}$ по S_i и S_j . Каждое частное значение S_i в матрице ошибок $[A]$ появляется только в i -ой строке и i -ом столбце. Однако матрица ошибок также кососимметрична ($a_{ij} = -a_{ji}$ и $a_{jj} = 0$), как и матрица $[Z]$. Поэтому для каждой S_i частная производная будет касаться только i -го столбца. Дифференцируя элементы каждого столбца по S_i , получим:

$$da_{i,j} / dS_{i,j} = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (z'_{i,j} - S_i + S_j)^2, \quad (6)$$

где $i = 1, 2 \dots, n$.

Приравняем частную производную нулю и после алгебраического преобразования выражения (переноса $-S_i$) получим:

$$\sum_{j=1}^n z_{j,i} + \sum_{j=1}^n S_j = \sum_{j=1}^n S_i. \quad (7)$$

Разделим выражение (7) на n и возьмем начальное значение шкалы, равное $(1/n) \sum_{j=1}^n S_i$. В результате получим количественное выражение отношения респондента (испытуемого лица) к стимулу S_i :

$$S_i = (1/n) \sum_{j=1}^n z_{i,j}, \quad (8)$$

где $i = 1, 2 \dots, n$.

Таким образом, для минимизации ошибки необходимо просто взять среднее арифметическое по столбцу матрицы $[Z]$, в этом случае мы получим оптимальное значение шкальной величины S_j .

Рассмотренная процедура дает возможность для каждого стимула S_i получить его значение на шкале эмоциональных отношений респондента.

Реальные экспериментальные данные очень часто отличаются от той классической матрицы данных, которая рассмотрена выше. Наиболее распространенный артефакт в процедуре парного сравнения, который связан с ограничением на возможное число предъявлений, – это стопроцентное предпочтение одного стимула другому. Такая ситуация приводит к появлению в матрице вероятностей

нулей и единиц. В терминах модели Терстоуна они не несут сравнительную информацию о различии стимулов, поэтому не могут быть использованы для расчетов их шкальных значений.

Для матриц с нулями и единицами (они называются неполными матрицами) существуют особые алгоритмы анализа. Наиболее распространенный из них подробно описан в работе В. Торгерсона [22] и вкратце состоит в следующем.

Из выражения (3) для стимула j следует, что стимул $j+1$ будет описываться следующим выражением:

$$S_{j+e} - S_i = z_{j,i} + e. \quad (9)$$

Вычтя из уравнения (9) уравнение (3), мы получим $d_{i,j+e}$ – сравнительное различие для интересующего нас стимула косвенным путем. В терминах минимизированной ошибки эта величина может быть вычислена из выражения:

$$d_{i,j+e} = S_{j+e} - S_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (z_{i,j+e} + z_{i,j}), \quad (10)$$

где суммирование осуществляется по индексу « i ».

Для практического удобства матрицу $[Z]$ следует перестроить таким образом, чтобы столбцы были упорядочены по величине сумм по столбцам матрицы $[Z]$. Для такой упорядоченной матрицы $[Z']$ различие « $S_{j+e} - S_j$ » можно непосредственно вычислить из выражения (10). Если мы шкальное значение первого стимула (S_j) приравняем к нулю, то шкальное значение любого стимула будет равно сумме шкального значения стимула и расстояния между данным стимулом и предшествующим:

$$S_1 = 0; S_2 = d_{1,2}, S_3 = S_2 + d_{2,3}, S_n = S_{n-1} + d_{n-1,n}. \quad (11)$$

Практический пример применения описанных подходов. Рассмотрим практический пример решения задачи для пятого варианта закона сравнительных оценок по Терстоуну с использованием метода наименьших квадратов. Испытуемому в случайном порядке предъявляются 8 цветных карт из малого набора теста Люшера [8], и его просят в каждой паре выбрать предпочтительный цвет. Каждая пара предъявляется по 6 раз.

В итоге для одного из испытуемых (студент второго курса с нормальным цветовосприятием без признаков дальтонизма) была получена следующая матрица $[F]$, соответствующая количествам предпочтений цветов в парах $f_{i,j}$ (табл. 1).

Таблица 1

Матрица количеств предпочтений, $[F]$

Цвета $f_{i,j}$	Серый	Синий	Зеленый	Красный	Желтый	Фиолетовый	Коричневый	Черный
Серый	–	2	1	3	4	3	6	2
Синий	4	–	4	4	3	1	2	2
Зеленый	5	2	–	5	3	2	1	3
Красный	3	2	1	–	2	0	3	1
Желтый	2	3	3	4	–	2	5	6
Фиолетовый	3	5	4	6	4	–	3	4
Коричневый	0	4	5	3	1	3	–	1
Черный	4	4	1	5	0	2	5	–

Элементами этой матрицы ($f_{i,j}$) являются количества раз, когда в паре цветов j, i стимул i оценивался как более предпочтительный, чем стимул j .

Полученная матрица $[F]$ преобразуется в матрицу $[P]$, содержащую вероятности выбора стимула i в паре i, j делением числа выбора стимула i в паре $f_{i,j}$ на число предъявлений этой пары (в нашем случае $N = 6$) (табл. 2).

Таблица 2

Матрица вероятностей, [P]

Цвета p_{ij}	Серый	Синий	Зеленый	Красный	Желтый	Фиолетовый	Коричневый	Черный
Серый	–	0,33	0,17	0,50	0,67	0,50	1,00	0,33
Синий	0,66	–	0,67	0,67	0,50	0,17	0,33	0,33
Зеленый	0,83	0,33	–	0,83	0,50	0,33	0,17	0,50
Красный	0,5	0,33	0,17	–	0,33	0,00	0,50	0,17
Желтый	0,33	0,50	0,50	0,67	–	0,33	0,83	1,00
Фиолетовый	0,5	0,83	0,67	1,00	0,67	–	0,50	0,67
Коричневый	0	0,67	0,83	0,50	0,17	0,50	–	0,17
Черный	0,66	0,67	0,17	0,83	0,00	0,33	0,83	–
$\sum P_{ij}$	3,5	3,66	3,16	5	2,83	2,16	4,16	3,16

Элементом матрицы p_{ij} является вероятность, с которой стимул i в паре j, i оценивался как более предпочтительный, чем стимул j .

Каждое значение вероятности p_{ij} из матрицы [P] переводится далее с помощью таблиц нормального распределения в единицы стандартного отклонения нормальной кривой – z_{ij} . Они представляют собой нормированные по стандартному отклонению расстояния от «стимульных точек» до медианы распределения. По этим расстояниям и вычисляются шкальные значения S_i каждого стимула (табл. 3).

Таблица 3

Матрица [Z] – оценки цветовых предпочтений

Цвета z_{ij}	Серый	Синий	Зеленый	Красный	Желтый	Фиолетовый	Коричневый	Черный
Серый	0,00	–0,44	–0,95	0,00	0,44	0,00	–	–0,44
Синий	0,44	0,00	0,44	0,44	0,00	–0,95	–0,44	–0,44
Зеленый	0,95	–0,44	0,00	0,95	0,00	–0,44	–0,95	0,00
Красный	0,00	–0,44	–0,95	0,00	–0,44	–	0,00	–0,95
Желтый	–0,44	0,00	0,00	0,44	0,00	–0,44	0,95	–
Фиолетовый	0,00	0,95	0,44	–	0,44	0,00	0,00	0,44
Коричневый	–	0,44	0,95	0,00	–0,95	0,00	0,00	–0,95
Черный	0,44	0,44	–0,95	0,95	–	–0,44	0,95	0,00
$\sum Z_{ij}$	1,39	0,51	–1,02	2,78	–0,51	–2,27	0,51	–2,34

Элементом матрицы z'_{ij} (табл. 4) является вероятность p'_{ij} , преобразованная в единицы стандартного отклонения. Переставим столбцы в матрице [Z] в таком порядке, чтобы первый столбец имел наименьшую сумму элементов, а последний – наибольшую (табл. 4).

Таблица 4

Преобразованная матрица [Z'] – оценки цветовых предпочтений

Стимулы z'_{ij}	Черный (8)	Фиолетовый (6)	Зеленый (3)	Желтый (5)	Синий (2)	Коричневый (7)	Серый (1)	Красный (4)
Серый	–0,44	0,00	–0,95	0,44	–0,44	–	0,00	0,00
Синий	–0,44	–0,95	0,44	0,00	0,00	–0,44	0,44	0,44
Зеленый	0,00	–0,44	0,00	0,00	–0,44	–0,95	0,95	0,95
Красный	–0,95	–	–0,95	–0,44	–0,44	0,00	0,00	0,00
Желтый	–	–0,44	0,00	0,00	0,00	0,95	–0,44	0,44

Фиолетовый	0,44	0,00	0,44	0,44	0,95	0,00	0,00	–
Коричневый	–0,95	0,00	0,95	–0,95	0,44	0,00	–	0,00
Черный	0,00	–0,44	–0,95	–	0,44	0,95	0,44	0,95
$\sum Z'_{ij}$	–2,34	–2,27	–1,02	–0,51	0,51	0,51	1,39	2,78

Из матрицы $[Z']$ можно получить матрицу различий между соседними парами столбцов, вычитая их поэлементно один из другого. В каждой j -ой строке элемент этой матрицы (табл. 5) будет равен $z'_{j,i+1} - z'_{j,i}$.

Таблица 5

Матрица разностей между столбцами

S_i / d_{ij}	Фиолетовый (6)	Зеленый (3)	Желтый (5)	Синий (2)	Коричневый (7)	Серый (1)	Красный (4)
Серый	0,44	–0,95	1,39	–0,88	0,44	0,00	0,00
Синий	–0,51	1,39	–0,44	0,00	–0,44	0,88	0,00
Зеленый	–0,44	0,44	0,00	–0,44	–0,51	1,90	0,00
Красный	0,95	–0,95	0,51	0,00	0,44	0,00	0,00
Желтый	–0,44	0,44	0,00	0,00	0,95	–1,39	0,00
Фиолетовый	–0,44	0,44	0,00	0,51	–0,95	0,00	0,00
Коричневый	0,95	0,95	1,90	1,39	–0,44	0,00	0,00
Черный	–0,44	–0,51	0,95	0,44	0,51	–0,51	0,51
$\sum$	0,07	1,25	4,31	1,02	0,00	0,88	0,51
Число элементов	8,00	8,00	5,00	5,00	8,00	4,00	7,00
$1 / n$	0,0087	0,1562	0,862	0,204	0	0,22	0,0728

Пользуясь выражением (11), вычисляем из полученных различий шкальные значения стимулов, приняв, что $S_8 = 0$, так как у черного цвета значение z в матрице $[Z]$ минимальное.

$$S_8 = 0; \quad S_6 = 0 + 0,0087 = 0,0087; \quad S_3 = 0,0087 + 0,1562 = 0,165,$$

$$S_5 = 0,165 + 0,862 = 1,027; \quad S_2 = 1,027 + 0,204 = 1,231;$$

$$S_7 = 1,231 + 0 = 1,231; \quad S_1 = 1,231 + 0,22 = 1,451;$$

$$S_4 = 1,451 + 0,0728 = 1,523.$$

Получается индивидуальная ШЦП респондента (табл. 6).

Таблица 6

Шкала индивидуальных цветовых предпочтений респондента

Черный	Фиолетовый	Зеленый	Желтый	Синий	Коричневый	Серый	Красный
0	0,0087	0,165	1,027	1,231	1,231	1,451	1,523

Данный пример является, конечно, демонстрационным и его результаты отражают предпочтения только конкретного респондента.

Разработка программного средства для реализации методики. Описанная выше методика построения ШЦП с использованием метода парных выборов была использована для создания модуля предварительного опроса в системе тестирования на основе цветовых предпочтений респондентов. Ниже, на рисунке 1 представлена общая схема последовательности обработки информации в программном комплексе, предназначенном для выявления отношения респондентов к исследуемым вопросам на основе их цветовых предпочтений.

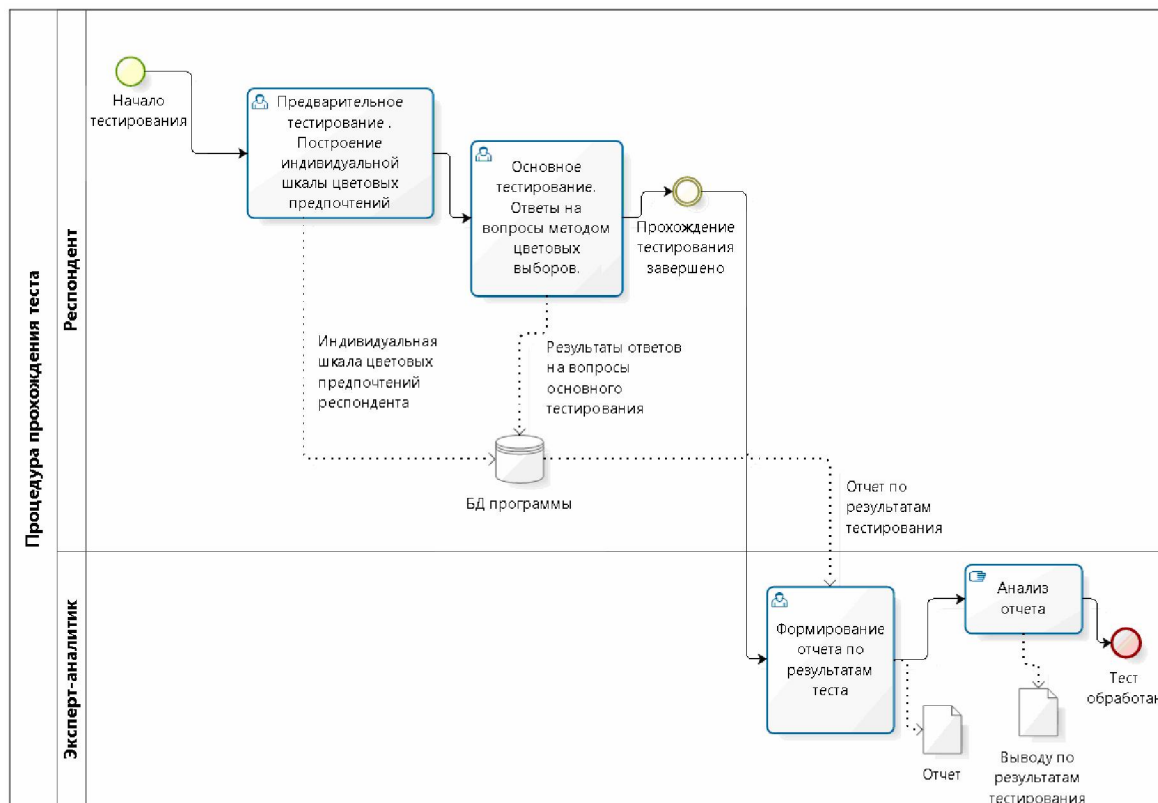


Рис. 1. Общая схема обработки информации в программном комплексе для тестирования респондентов на основе их цветовых предпочтений

В состав программного комплекса, кроме модуля основного опроса, входит модуль предварительного тестирования. Он необходим для определения отношения респондента к цветам, т.е. построения ИШЦП. В дальнейшем ответы на вопросы основного тестирования сопоставляются с индивидуальной ИШЦП респондента, и в результате обработки ответов формируется вывод о его эмоциональном отношении к исследуемому объекту.

В описываемой программной системе модуль предварительного тестирования является своеобразным «центром ответственности», т.к. от точности его оценок зависят все последующие результаты.

Рассмотренная в данной статье методика позволяет с высокой точностью формировать индивидуальную ИШЦП респондента и в то же время делать этот процесс невидимым для испытуемого. Это позволяет получать независимые от внешних факторов результаты исследования [18].

В отличие от универсального модуля предварительного исследования цветопредпочтений, модуль основного тестирования следует прорабатывать каждый раз индивидуально, исходя из целей опроса (тестирования) и предметной области. Такая гибкость подхода позволяет использовать метод цветовых оценок в самых разных областях. Например, в рамках деятельности приемной комиссии Брянского государственного технического университета разработанный комплекс использовался для оценки привлекательности информационных материалов для абитуриентов [6]. Опросы на основе цветовых предпочтений можно использовать и при управлении качеством; для оценки предоставляемых услуг; при формировании групп (команд) для совместной работы – в т.ч. над проектами; оценке отношения студентов к преподавателям и преподаваемым дисциплинам [4, 16]. Также программный комплекс может быть использован при реализации кадровой политики предприятия [15, 19], поскольку предлагаемая методика позволяет оценить лояльность сотрудника, его устремления, отношение к коллегам и руководству.

На рисунке 2 представлен алгоритм реализации методики построения ИШЦП, на основе которого был создан специализированный программный комплекс.

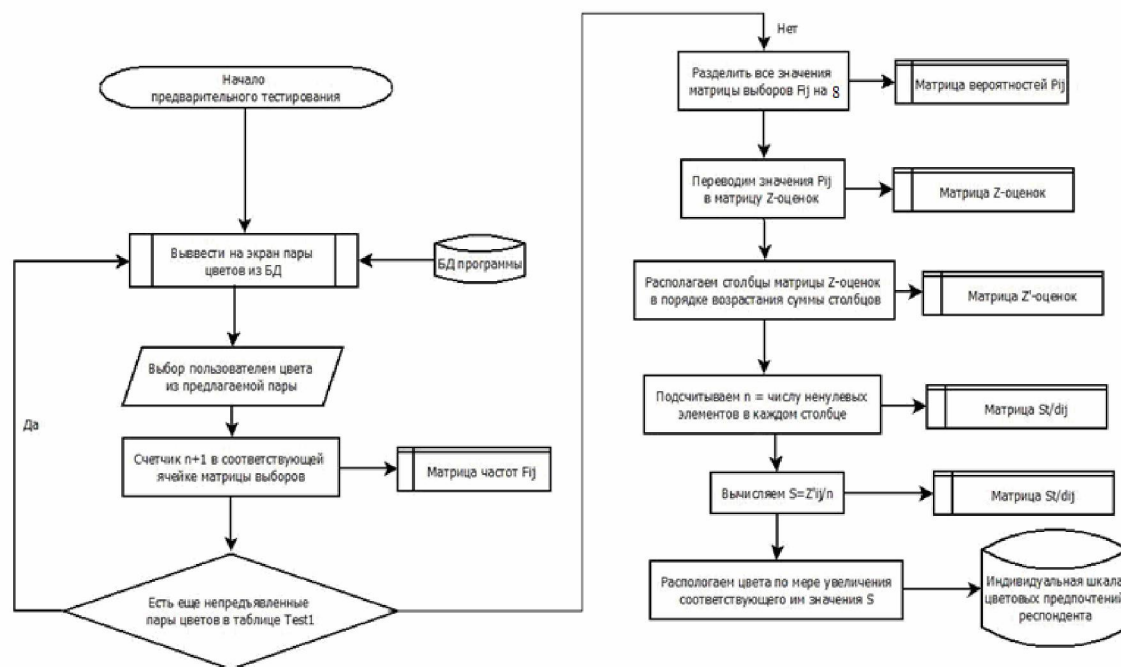


Рис. 2. Алгоритм построения индивидуальной ШЦП респондента

Программа для реализации этого алгоритма написана автором с использованием языка веб-программирования PHP. Общий объем кода составляет более 3000 строк.

Процесс предварительного опроса (для формирования ШЦП) выглядит так. В окне программы респонденту последовательно предъявляются парами цветные прямоугольники. Он оценивает, какой из двух цветов в каждой из пар для него предпочтителен. Как только испытуемый дает ответ, на экране появляется следующая пара цветов. Все цвета встречаются в сочетаниях друг с другом по 6 раз. Три раза каждый из цветов предъявляется слева, три раза – справа. В верхнем правом углу экрана каждый раз высвечивается порядковый номер выполняемого задания [6].

Затраты времени на построение индивидуальной ШЦП с использованием описанного программного средства у большинства респондентов составили не более пяти минут. Временные задержки ответов испытуемых на предъявляемые пары цветов могут быть информативны в отношении оценки «уверенности» выбора предпочитаемого цвета, но в данной статье это направление не рассматривается.

После того как респондент выберет предпочтения для всех цветовых пар, составляется его индивидуальная ШЦП, где у каждого цвета есть численно выраженная весовая значимость. Это позволяет в дальнейшем использовать выбираемые цветовые оценки как альтернативу традиционным количественным методам дискретных оценок, путем перевода «цветовых ответов» в традиционные балльные. Такая ШЦП является неявной для неподготовленного респондента, что значительно усложняет для него возможности давать заведомо ложные ответы. При традиционном тестировании респондент может давать их исходя из принципа «как надо», а не «как есть на самом деле». Это позволяет исключить субъективный фактор в ответах респондента, связанный с традициями социума, стремлением отвечать на вопросы как принято в обществе.

Исследования отношения респондентов к различным объектам и явлениям с применением цветовых оценок можно отнести к проективным методикам тестирования. Поскольку в тесте Люшера используются только хорошо различимые, контрастные цвета (без полутонов), то небольшие отличия в воспроизведении цветов у различных моделей мониторов не критичны в отношении получаемых результатов [20, 23].

Подана заявка на регистрацию описанного программного продукта.

Выводы. 1. Использование цветовых оценок, в отличие от балльных, позволяет получать значительно более точные результаты опросов, не зависящие от внешних факторов: социальных норм, устоявшихся императивов. 2. При использовании ЭВМ временные затраты на прохождение тестирования на основе цветовых оценок и обработку результатов сопоставимы с традиционными балльными методиками. 3. Сочетание указанных факторов позволяет рекомендовать использование метода цветовых оценок в самых разных областях, включая маркетинговые исследования, тестирования при приеме на работу [2], оценки предпочтений абитуриентов и др.

Список литературы

1. Богуславец Ю. С. Исследование влияния цвета на покупательскую способность товаров / Ю. С. Богуславец, И. Б. Чеботарёва // Вестник Харьковской государственной академии дизайна и искусств. – 2014. – № 4–5. – С. 4–12.
2. Брумштейн Ю. М. Графические и аудиовизуальные объекты в тестовых материалах / Ю. М. Брумштейн // Интеллектуальная собственность. Авторское право и смежные права. – 2013. – № 3. – С. 50–60.
3. Гусев А. Н. Измерение в психологии. Общий психологический практикум / А. Н. Гусев, Ч. А. Измаилов, М. Б. Михалевская. – Москва : Смысл, 1997. – 229 с.
4. Жилин Л. Э. Анализ номенклатуры программных средств массового использования, применяемых в российских вузах (на примере Астраханского государственного университета) / Л. Э. Жилин, А. Н. Горбачева, Ю. М. Брумштейн, Е. Ю. Васильковский // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 2 (30). – С. 20–37.
5. Ковалева Л. А. Воздействие цвета в дизайне упаковки молочных продуктов на восприятие потребителей / Л. А. Ковалева, С. А. Кострыкина // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2010. – № 50. – С. 197–203.
6. Кондратенко С. В. Структура системы диагностики индивидуальных цветопредпочтений для оценки отношений респондентов к визуальным объектам / С. В. Кондратенко // Психология труда, инженерная психология и эргономика – 2014 : сборник трудов Международной научно-практической конференции (Эрго – 2014) / под ред. А. Н. Анохина, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 60–63.
7. Лопатина Л. М. Цветовое восприятие газетно-журнальной рекламы / Л. М. Лопатина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Филология. Журналистика. – 2012. – № 2. – С. 185–187.
8. Люшер М. Цветовой тест Люшера / М. Люшер ; пер. с англ. А. Никоновой. – Москва ; Санкт-Петербург : АСТ : Сова, 2007. – 190 с.
9. Матвеечева Л. М. Цвет в рекламе как фактор формирования эстетического вкуса у молодежной аудитории / Л. М. Матвеечева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Филология. Журналистика. – 2013. – № 1. – С. 158–160.
10. Силицына Н. А. Коммуникативные свойства цвета и их использование в учебном процессе / Н. А. Силицына // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. – 2010. – № 15. – С. 343–346.
11. Соломин И. Л. Современные методы психологической экспресс-диагностики и профессионального консультирования / И. Л. Соломин. – Санкт-Петербург : Речь, 2006. – 280 с.
12. Спасенников В. В. Методы анализа и моделирования деятельности операторов в процессе эргономического обеспечения разработки и эксплуатации человекомашинных комплексов / В. В. Спасенников, С. В. Кондратенко // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (45). – С. 87–94.
13. Спасенников В. В. Экономико-психологические принципы и методы маркетинговых исследований / В. В. Спасенников, Д. В. Ерохин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – № 1 (37). – С. 102–110.
14. Терстуон Л. Л. Психофизический анализ. Проблемы и методы психофизики / под ред. А. Г. Асмолова, М. Б. Михалевской. – Москва : Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 1974. – 395 с.
15. Тростинская А. В. Информационная поддержка при анализе психологических предпочтений заказчика проектов / А. В. Тростинская, Н. И. Федорова // Информационные технологии в управлении : материалы конференции (ИТУ – 2014). – 2014. – С. 146–148.
16. Чердниченко В. А. Нетрадиционные методы оценки деятельности преподавателей вузов / В. А. Чердниченко // Инновационное развитие – от Шумпетера до наших дней: экономика и образование : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 455–459.
17. Черёмушников И. И. Возможности теста люшера (8-цветовой вариант) в диагностике характерологических и поведенческих особенностей студентов с различным уровнем физической подготовки / И. И. Черёмушников, Е. В. Витун, Е. С. Петросиенко, С. В. Нотова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 12–1 (118–1). – С. 108–110.
18. Черняховская Л. Р. Информационная поддержка принятия решений на основе онтологического анализа аналитических моделей и методов / Л. Р. Черняховская, Н. И. Федорова, И. П. Владимировна // Информационные

технологии интеллектуальной поддержки принятия решений : межвузовский сборник научных трудов. – Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет, 2014. – Т. 3. – С. 96–99.

19. Юдин Д. В. Система управления компетенциями с формированием индивидуальных профессиональных тестов / Д. В. Юдин, А. Г. Кравец // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 4. – С. 176–183.

20. Averchenkov V. I. Formation of the Color Palette for Content Based Image Retrieval Automated Systems / V. I. Averchenkov, V. K. Gulakov, V. V. Miroshnikov, L. A. Potapov, V. V. Spasennikov, A. O. Trubakov // World Applied Sciences Journal 24 (Information Technologies in Modern Industry, Education & Society). – 2013. – No. 6. – P. 1–6.

21. Guilford J. P. Psychometric Methods / J. P. Guilford. – N. Y., Toronto, London : Mc-Grow-Hill, 1954. – 597 p.

22. Torgerson N. S. Theory and Method of scaling / N. S. Torgerson. – N. Y. : John Wiley and Sons, 1958. – 460 p.

23. Wejnert C. Web-based Network Sampling: Efficiency' and Efficacy of Respondent-driven Sampling for Online Research / C. Wejnert, D. Heckathorn // Sociological Methods Research. – 2008. – Vol. 37. – P. 105–134.

References

1. Boguslavets Yu. S., Chebotareva I. B. Issledovanie vliyaniya tsveta na pokupatelskuyu sposobnost tovarov [The study of color effects on the purchasing power of goods]. *Vestnik Kharkovskoy gosudarstvennoy akademii dizayna i iskusstv* [Bulletin of the Kharkiv State Academy of Design and Arts], 2014, no. 4–5, pp. 4–12.

2. Brumshteyn Yu. M. Graficheskie i audiovizualnye obekty v testovykh materialakh [Graphic and audio-visual objects in test materials]. *Intellektualnaya sobstvennost. Avtorskoe pravo i svezhnye prava* [Intellectual Property. Copyright and Adjacent Rights], 2013, no. 3, pp. 50–60.

3. Gusev A. N., Izmaylov Ch. A., Mikhalevskaya M. B. *Izmerenie v psikhologii. Obshchiy psikhologicheskiy praktikum* [Measurement in psychology. Common Psychological practical], Moscow, Smysl Publ., 1997. 229 p.

4. Zhilin L. E., Gorbacheva A. N., Brumshteyn Yu. M., Vaskovskiy Ye. Yu. Analiz nomenklatury programnykh sredstv massovogo ispolzovaniya, primenyaemykh v rossiyskikh vuzakh (na primere Astrakhanskogo gosudarstvennogo universiteta) [Analysis of mass usage software tools nomenclature, used in Russian universities (on the example of Astrakhan State University)]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2015, no. 2 (30), pp. 20–37.

5. Kovaleva L. A., Kostyukina S. A. Vozdeystvie tsveta v dizayne upakovki molochnykh produktov na vospriyatie potrebitel'ey [The impact of color in the design of the packaging of dairy products on the perception of consumers]. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki* [Bulletin of the Amur State University. Series: Humanities], 2010, no. 50, pp. 197–203.

6. Kondratenko S. V. Struktura sistemy diagnostiki individualnykh tsvetopredpochteniy dlya otsenki otnosheniy respondentov k vizualnym obektam [The structure of the individual tsvetopredpochteniy system diagnostics to assess respondents' attitudes to visual objects]. *Psikhologiya truda, inzhenernaya psikhologiya i ergonomika – 2014 : sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Ergo – 2014)* [Work Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics – 2014. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Ergo – 2014)], Saint Petersburg, 2014, pp. 60–63.

7. Lopatina L. M. Tsvetovoe vospriyatie gazetno-zhurnalnoy reklamy [Color perception of newspaper and magazine advertising]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Filologiya. Zhurnalistika* [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Philology. Journalism], 2012, no. 2, pp. 185–187.

8. Lyusher M. *Tsvetovoy test Lyushera* [Luscher Color Test], Moscow, Saint Petersburg, AST Publ., Sovn Publ., 2007. 190 p.

9. Matveicheva L. M. Tsvet v reklame kak faktor formirovaniya esteticheskogo vkusa u molodezhnoy auditorii [Color in advertising as a factor in the formation of the aesthetic taste of the youth audience]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Filologiya. Zhurnalistika* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Philology. Journalism], 2013, no. 1, pp. 158–160.

10. Sinitsyna N. A. Kommunikativnye svoystva tsveta i ikh ispolzovanie v uchebnom protsesse [Communicative color properties and their use in the classroom]. *Psikhologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya* [Psychology and Pedagogy: Methodology and Problems of Practical Application], 2010, no. 15, pp. 343–346.

11. Solomin I. L. *Sovremennyye metody psikhologicheskoy ekspress-diagnostiki i professionalnogo konsultirovaniya* [Modern methods of psychological rapid diagnosis and professional advice], Saint Petersburg, Rech Publ., 2006. 280 p.

12. Spasennikov V. V., Kondratenko S. V. Metody analiza i modelirovaniya deyatel'nosti operatorov v protsesse ergonomicheskogo obespecheniya razrabotki i ekspluatatsii chelovekomashinnykh kompleksov [Methods of analysis and modeling activities of operators in the process of ergonomic software development and exploitation of human-machine systems]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk State Technical University], 2015, no. 1 (45), pp. 87–94.

13. Spasennikov V. V., Yerokhin D. V. Ekonomiko-psikhologicheskie printsipy i metody marketingovykh issledovaniy [Economic and psychological principles and methods of marketing research]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk State Technical University], 2013, no. 1 (37), pp. 102–110.
14. Terstuon L. L. *Psikhofizicheskiy analiz. Problemy i metody psikhofiziki* [Psychophysical analysis. Problems and methods of psychophysics], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 1974. 395 p.
15. Trostinskaya A. V., Fedorova N. I. Informatsionnaya podderzhka pri analize psikhologicheskikh predpochteniy zakazchika proektov [Information support in the analysis of the psychological preferences of the customer projects]. *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii : materialy konferentsii (ITU – 2014)* [Information Technologies in Management. Proceedings of the Conference (ITM – 2014)], 2014, pp. 146–148.
16. Cherednichenko V. A. Netraditsionnye metody otsenki deyatel'nosti преподаvateley vuzov [Nontraditional methods of evaluation of university teachers]. *Innovatsionnoe razvitiye – ot Shumpetera do nashikh dney: ekonomika i obrazovanie : sbornik nauchnykh statey po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative Development – from Schumpeter to the Present Day: the Economy and Education. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference], 2015, pp. 455–459.
17. Cheremushnikova I. I., Vitun Ye. V., Petrosienko Ye. S., Notova S. V. Vozmozhnosti testa lyushera (8-tsvetovoy variant) v diagnostike kharakterologicheskikh i povedencheskikh osobennostey studentov s razlichnym urovnem fizicheskoy podgotovki [Features test Luscher (8-color option) in the diagnosis of character and behavioral characteristics of students with different levels of physical fitness]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2010, no. 12–1 (118–1), pp. 108–110.
18. Chernyakhovskaya L. R., Fedorova N. I., Vladimirova I. P. Informatsionnaya podderzhka prinyatiya resheniy na osnove ontologicheskogo analiza analiticheskikh modeley i metodov [Informational support of decision-making on the basis of ontological analysis of analytical models and methods]. *Informatsionnye tekhnologii intellektualnoy podderzhki prinyatiya resheniy : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov* [Information Technology Intellectual Support of Decision Making. Proceedings], Ufa, Ufa State Aviation Technical University Publ. House, 2014, vol. 3, pp. 96–99.
19. Yudin D. V., Kravets A. G. Sistema upravleniya kompetentsiyami s formirovaniem individualnykh professionalnykh testov [Competence management system with the formation of individual professional test]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 4, pp. 176–183.
20. Averchenkov V. I., Gulakov V. K., Miroshnikov V. V., Potapov L. A., Spasennikov V. V., Trubakov A. O. Formation of the Color Palette for Content Based Image Retrieval Automated Systems. *World Applied Sciences Journal 24 (Information Technologies in Modern Industry, Education & Society)*, no. 6, 2013, pp. 1–6.
21. Guilford J. P. *Psychometric Methods*, N. Y., Toronto, London, Mc-Grow-Hill Publ., 1954. 597 p.
22. Torgerson N. S. *Theory and Method of scaling*, N. Y., John Wiley and Sons Publ., 1958. 460 p.
23. Wejnert C., Heckathorn D. Web-based Network Sampling: Efficiency and Efficacy of Respondent-driven Sampling for Online Research. *Sociological Methods Research*, 2008, vol. 37, pp. 105–134.

УДК 330.43, 339.743.44, 519.246.85

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ВРЕМЕННОГО РЯДА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВАЛЮТНОГО КУРСА

Статья поступила в редакцию 12.03.2016, в окончательном варианте 20.03.2016

Пилюгина Анна Валерьевна, кандидат экономических наук, доцент, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, 105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5/1, e-mail: pilyuginaanna@mail.ru

Бойко Андрей Алексеевич, аспирант, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, 105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5/1, e-mail: boiko_andrew@mail.ru

Выполнен анализ процедуры экспоненциального сглаживания временного ряда с использованием моделей Брауна и Хантера. Поставлены задачи оптимизации следующих объектов: вида модели; параметра сглаживания α ; числа первых членов ряда, участвующих в формировании начального значения. В качестве исходных данных использован курс доллара США и единой европейской валюты к российскому рублю с 01 января 2009 г. по 31 декабря 2015 г. Помимо ежедневных значений были рассмотрены 3 производных временных ряда: среднемесячных значений; с отсутствующими значениями, замененными предыдущими значениями; с интерполированием отсутствующих значений по известным соседним значениям. В качестве критерия оптимизации использованы следующие объ-