

На правах рукописи



КОНДРАТЕНКО СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЦВЕТОВЫХ
ПРЕДПОЧТЕНИЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических
системах»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Брянск – 2017

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».

Научный руководитель:

Аверченков Владимир Иванович,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Заболеева-Зотова Алла Викторовна,
доктор технических наук, профессор,
начальник управления региональных
и межгосударственных программ
РФФИ;

Потемкин Алексей Владимирович,
кандидат технических наук,
сотрудник ФГКВООУ ВО «Академия
Федеральной службы охраны
Российской Федерации».

Ведущая организация

ФГАОУ ВО «Белгородский
государственный национальный
исследовательский университет».

Защита состоится 15 июня 2017 года в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 212.021.03 на базе ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» по адресу: г. Брянск, ул. Харьковская, д. 10-Б, учебный корпус № 4, ауд. Б101.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» и по адресу в сети интернет <http://www.tu-bryansk.ru/content/nauka/zacsh>.

Отзывы на автореферат присылать по адресу: 241035 г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».

Автореферат разослан «___» _____ 2017 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



М.Ю. Рытов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В современной теории управления социальными и экономическими системами значительная часть решений принимается на основе данных, полученных от экспертов. Но в том случае, если результаты экспертизы могут каким-то образом повлиять на эксперта, то высока вероятность того, что данные экспертного исследования могут быть искажены заведомо ложными ответами, которые эксперты дают либо с целью повлиять на конечные результаты исследования и принимаемые на их основе решения, либо под воздействием внешних факторов, таких как принятые в обществе стереотипы поведения, социальное одобрение, культурные особенности, боязнь того, что ответы могут повредить взаимоотношениям с окружением. В этих случаях эксперты стремятся оказать активное воздействие на результаты исследования. Вопросы повышения достоверности экспертных опросов за счет снижения воздействия внешних и внутренних факторов на ответы экспертов в рамках теории управления социальными и экономическими системами рассматриваются в разрезе механизмов активной экспертизы.

Традиционные опросные методики, основанные на количественных оценках, являются легко алгоритмизируемыми и позволяют проводить массовые опросы с автоматизированной обработкой результатов, но с точки зрения активной экспертизы они являются наиболее уязвимыми в связи с влиянием субъективных факторов на принимаемые экспертами решения.

Повышение достоверности опросов, снижение влияния внешних факторов на ответы респондентов, разработка неманипулируемых инструментов активной экспертизы являются важным направлением совершенствования существующих опросных методик. Одним из таких вариантов может стать применение метода цветовых оценок вместо традиционных балльных, так как рядом исследований доказано, что существует определенная взаимосвязь между выбором цвета и эмоциями, с которыми человек связывает этот цвет. Применение цветовых оценок может быть положено в основу универсальной неманипулируемой методики проведения опросов экспертов, сочетающей простоту и удобство количественного подхода и учитывающей индивидуальные особенности респондентов наравне с качественными подходами.

Для успешного применения данной методики при реализации механизмов активной экспертизы в рамках управления социальными и экономическими системами необходимо разработать и реализовать новые модели и алгоритмы, позволяющие успешно проводить и обрабатывать автоматизированные опросные исследования.

Актуальность представленной диссертационной работы обусловлена необходимостью развития нового методологического аппарата, который бы позволил использовать цветовые оценки для проведения экспертных опросов при решении задач в сфере управления социально-экономическими системами.

Степень разработанности темы.

Вопросам применения методов экспертных оценок в целом и механизма активной экспертизы в частности посвящен ряд работ таких ученых, как Бурков

В.Н., Новиков Д.А., Губанов Д.А., Райков А.Н., Караваев А.П., Камаев В.А. Особенности восприятия цвета и цветовых предпочтений рассмотрены в трудах Бажина Е.Ф., Яньшина П.В., Измайлова Ч.А., Собчик Л.Н., Эткинда А.М., Lüscher M., Guilford J., Frieling H. Вопросы организационно-экономического моделирования были рассмотрены в работах Орлова А.И., Кубланова М.С., Thurstone L., Torgerson N. Однако, в работах указанных авторов не в полной мере уделено внимание интерпретации цветовых оценок в количественные значения.

Целью диссертационной работы является разработка моделей, методов и алгоритмов создания автоматизированных систем и технологий неманипулируемых инструментов активной экспертизы при оценке отношения агентов к эмоционально значимым объектам на основе индивидуальных цветовых предпочтений экспертов.

Для достижения обозначенной цели в работе были поставлены следующие **задачи**:

1. Разработать и исследовать методологию применения индивидуальных цветовых оценок в качестве альтернативы традиционным количественным оценкам при проведении опросных исследований и ее применение при решении задач управления социально-экономическими системами.

2. Рассмотреть особенности и предложить алгоритм построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений респондента.

3. Разработать методику определения эмоционального отношения респондента к исследуемому объекту и адаптировать ее для применения при управлении социально-экономическими системами.

4. Разработать математическую модель и алгоритм формирования малых проектных групп с учетом компетенций членов команды и межличностных отношений на основе индивидуальных цветовых предпочтений.

5. Разработать программный комплекс, реализующий подготовку и проведение опросных исследований на основе индивидуальных цветовых предпочтений, а также их последующую обработку.

6. Осуществить внедрение разработанных моделей и программного комплекса в практику решения отдельных социально-экономических задач.

Объектом исследования является процесс применения метода индивидуальных цветовых предпочтений при принятии управленческих решений в социально-экономических системах.

Предметом исследования является использование закономерностей цветовосприятия при создании моделей, методов и алгоритмов оценки отношения экспертов к исследуемым объектам.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Работа соответствует паспорту специальности 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах» по пунктам 5; 10; 12: разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в социальных и экономических системах; разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах; разработка новых информационных

технологий в решении задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

Научная новизна. В работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Предложен новый подход к автоматизации проведения экспертных опросов в различных областях с использованием индивидуальных цветовых оценок в качестве одного из инструментов механизмов активной экспертизы. Исследованный подход основан на сопоставлении и анализе ответов экспертов, данных в формате цветовых выборов, с их индивидуальной шкалой цветовых предпочтений.

2. Разработана методика идентификации предпочтений как отдельного респондента, так и опрашиваемой группы в целом посредством сопоставления цветовых предпочтений респондента с данными им ответами, отвечающая требованиям оперативности и простоты диалога оператора и ЭВМ.

3. Осуществлены организация и планирование экспериментального применения метода цветовых оценок при решении задач социально-экономического характера, оценены возможности этого метода по уменьшению влияния артефактов на результаты исследования.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии методологических подходов к оценке эмоционально-значимых объектов на основе цветовых предпочтений в рамках механизма активной экспертизы. Разработанные теоретические и прикладные положения позволяют численно выражать эмоциональное отношение эксперта к оцениваемому объекту.

Практическая значимость работы:

1. Разработан и программно-реализован универсальный алгоритм, позволяющий на основе метода цветовых оценок определить численно выраженное отношение эксперта к объекту исследования. Рассмотрены возможности его использования при решении прикладных задач.

2. Разработана методика проведения онлайн-опросов с применением цветовых оценок, позволяющая значительно снизить воздействие артефактов на ответы респондентов.

3. Разработан программный комплекс, позволяющий проводить опросы на основе индивидуальных цветовых предпочтений среди большого числа респондентов, с целью выявления их отношения к исследуемому вопросу.

4. Предложена методика использования цветовых ассоциаций при проектировании травмоопасных комплексов. Данная методика прошла апробацию и внедрена в АО «УК БМЗ» (Эргономическая проработка цеха тележек с учетом влияния цветовых стимулов на работников).

5. Разработанная методика применения цветовых оценок и программный комплекс апробированы в образовательном процессе на кафедрах «Инженерная педагогика и психология» и «Экономика и менеджмент» БГТУ при комплектовании малых проектных групп и проведении маркетинговых исследований при выполнении дипломных и курсовых проектов.

Методы исследования. При проведении исследования и обработке результатов опросов использовались методы системного анализа, теории графов, методы статистического анализа, факторный и корреляционно-регрессионный анализ, комбинаторный анализ; при построении индивидуальной шкалы цветовых предпочтений была применена методика парных сравнений. При разработке опросной методики были использованы психосемантические тесты и экспертные оценки.

При создании программного комплекса использовались основные положения теории реляционных баз данных и методы объектно-ориентированного проектирования и программирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Методика и алгоритм построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений.

2. Модели и алгоритмы обработки результатов опросов с использованием цветовых предпочтений.

3. Концептуальная модель проведения массовых опросов на основе индивидуальных цветовых предпочтений респондентов.

4. Архитектура разработанного программного комплекса и принципы его построения: отказоустойчивость и гибкость при масштабировании.

5. Результаты практического применения рассмотренных методов при формировании малых проектных групп, оценке травмоопасности машиностроительных комплексов, оценке качества рекламных материалов при коррекции маркетинговых стратегий предоставления образовательных услуг.

Апробация работы. Основные научные и практические результаты работы докладывались на научных конференциях:

1. Fundamental science and technology – promising developments VIII (North Charleston, USA, 2016).

2. IV международная научно-практическая конференция «Информационные технологии в образовании и науке» (Казань, 2015).

3. Международная научно-практическая конференция «Закономерности взаимодействия технических устройств и человека в технических и антропогенно-измененных системах» (Брянск, 2016).

4. Международная научно-практическая конференция «Роль интеграции науки, инновации и технологии в экономическом развитии стран» (Душанбе, Таджикистан, 2016).

5. Международной научно-практической конференции «Инновации в профессиональном образовании и научных исследованиях ВУЗа» (Брянск, 2014).

Основные положения диссертации опубликованы в 12 печатных работах, включая 4 публикации в центральных рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ и 1 статья опубликована в издании, индексируемом в международной библиографической базе данных Scopus.

Достоверность выносимых на защиту результатов подтверждается непротиворечивостью известным методам и принципам построения математических моделей и проведения опросов на основе валидных и надежных

методик анализа цветовых предпочтений. Достоверность теоретических допущений подтверждена проведенными экспериментами с применением цветовых оценок на основе статистической верификации выдвинутых гипотез.

Реализация и внедрение результатов. Разработанный программный комплекс для проведения опросов на основе анализа индивидуальных цветовых предпочтений был использован при проведении маркетинговых исследований и внедрен в учебный процесс ряда кафедр ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» в рамках комплектования проектных групп для выполнения совместных проектов. Была проведена эргономическая проработка цеха тележек ЗАО «УК БМЗ» с учетом влияния цветовых стимулов на работников. О чем имеются акты соответствующих организаций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 151 наименование. Основная часть работы изложена на 176 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка и 20 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, приводится обоснование актуальности темы диссертации, даны основные предпосылки к использованию цветовых предпочтений в качестве альтернативы традиционным экспертным оценкам. Ставятся цель и задачи исследования, указывается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приводятся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены основные особенности, связанные с анализом цветовых предпочтений, возможности применения метода цветовых выборов в качестве инструмента экспертных оценок как части системы поддержки принятия управленческих решений.

Возрастающая сложность управления социально-экономическими системами требует тщательного анализа целей и задач, реализуемых в процессе деятельности конкретной организации, путей и средств их достижения, оценки влияния различных факторов на повышение эффективности и качества работы.

Метод экспертных оценок как способ получения информации уже долгие годы используется при выработке решений. В настоящее время экспертные оценки являются в основном сформировавшимся научным методом анализа сложных неформализуемых проблем. Сущность метода экспертных оценок заключается в рациональной организации проведения экспертами анализа проблемы с четко выраженной оценкой суждений и обработкой их результатов. Обобщенное мнение группы экспертов принимается во внимание при принятии управленческих решений.

Экспертные оценки чаще всего даются в формате порядковой шкалы. С одной стороны, это позволяет значительно упростить обработку результатов исследования, но с другой – повышает вероятность того, что эксперты могут давать заведомо ложные ответы под воздействием различных факторов.

Это приводит к необходимости поиска новых, более объективных и независимых подходов к применению экспертных оценок в процессе формирования и выбора решений. В теории управления организационными системами за реализацию таких методик отвечают механизмы активной экспертизы, подробно рассмотренные в работах Д.А. Новикова. В рамках данной работы предлагается использовать в качестве одного из инструментов механизма активной экспертизы цветовые оценки с учетом индивидуальных цветовых предпочтений в качестве альтернативы традиционной порядковой шкале.

На основе работ Измайлова Ч.А., Яньшина П.В., Фрилинга Г., Ауэра С., Люшера М., Гилфорда Дж. и др. показывается, что предпочтение тех или иных цветов является индивидуальным и не зависит от субъективных факторов. К любому оттенку цвета мы относимся оценочно, поскольку любой цвет неизбежно вызывает у человека чувство симпатии или антипатии. Цвета вызывают эмоции, а эмоция обязательно содержит оценочный компонент.

Вопросом применения цветовых оценок для определения отношения респондентов к исследуемым вопросам занимались такие ученые, как Эткинд А.М., Бажин Е.Ф., Собчик Л.Н., Соломин И.Л. Все они в своих работах доказали возможность применения цветовых оценок при проведении опросов, направленных на выявление отношения респондентов к исследуемым объектам.

При проведении опросов на основе цветовых предпочтений цветовые выборы респондента сопоставляются с эталонной шкалой, которая может быть как унифицированной, единой для всей группы респондентов, так и формироваться индивидуально для каждого эксперта.

В рамках первой главы была рассмотрена общая концепция методики проведения опросных исследований с учетом индивидуальных цветовых предпочтений. На рисунке 1 представлена общая схема процесса тестирования на основе индивидуальных цветовых предпочтений респондентов.



Рисунок 1. Общая процедура автоматизированного опроса на основе индивидуальных цветовых предпочтений

Предлагаемая методика проведения опросных исследований состоит из четырех основных этапов: 1) предварительное тестирование (на данном этапе проводится построение индивидуальной шкалы цветовых предпочтений респондента); 2) основное тестирование (респонденты отвечают на вопросы по теме исследования); 3) формирование отчетов по результатам исследования; 4) анализ сформированных отчетов экспертом-аналитиком.

Во второй главе был рассмотрен математический аппарат для проведения и обработки опросных исследований на основе индивидуальных цветовых предпочтений. Выработан порядок проведения опросного исследования (рисунок 2), определен метод построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений респондента. Представлена математическая модель и расчеты на ее основе. Проработан метод последующей обработки результатов тестирования.

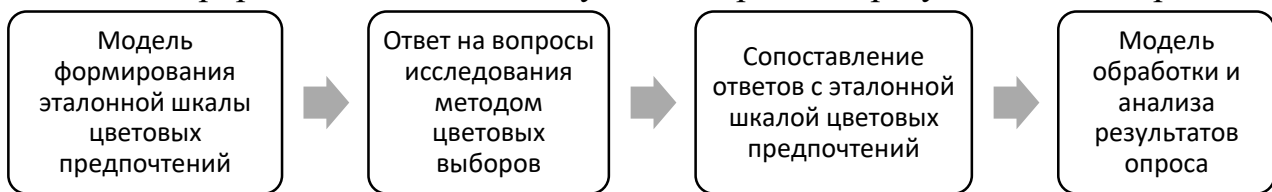


Рисунок 2. Общая схема опросного исследования на основе цветовых оценок

Модель формирования эталонной шкалы цветовых предпочтений.

Опросные исследования на основе индивидуальных цветовых предпочтений являются одним из вариантов применения экспертных оценок. В методологии экспертных исследований существует множество подходов к построению шкалы экспертных оценок, которой в рассматриваемом случае будет являться шкала индивидуальных цветовых предпочтений. Экспертная шкала может быть построена на основе процедуры экспертного оценивания альтернатив, проведенного с применением метода парного сравнения, построения матрицы парных сравнений элементов.

Именно этот метод был положен в основу методики построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений с использованием метода шкалирования Л. Терстоуна.

Предъявление одновременно пары цветов вызывает два процесса различения r_i и r_j . Разность между этими процессами различения $(r_j - r_i)$ показывает, насколько цвет j более или менее предпочтителен, чем цвет i .

При большом количестве предъявлений одному и тому же респонденту одной пары цветовых стимулов различительные разности этих стимулов формируют свое нормальное распределение на множестве различений. Из этого следует, что среднее распределение разностей различения $(r_j - r_i)$ будет равно разности средних распределений самих процессов различения – $(G_j - G_i)$. В таком случае дисперсию распределения различительных разностей можно считать равной

$$g(r_j - r_i) = \sqrt{(g_j^2 + g_i - 2k_{i,j}g_i g_j)}, \quad (1)$$

где g_i и g_j – дисперсии процессов различения i -го и j -го цветов, соответственно, а $k_{i,j}$ – является корреляцией между однократными результатами процессов различения цветовых стимулов i и j .

В результате ряда последовательных повторных предъявлений респонденту цветных пар может быть сформирована индивидуальная шкала цветных предпочтений респондента, которая представляет собой шкалу весов, на которой представлены рассматриваемые цвета $\{G\} \in [0; N]$, где N – это весовое значение в рамках данной шкалы максимально привлекательного для респондента цвета.

Полученная в результате шкала индивидуальных предпочтений респондента служит эталоном, с которым сопоставляются результаты основного тестирования при формировании отчетов по результатам опроса.

Модель обработки результатов экспертного опроса. Обработка результатов опроса в целом сводится к определению эмоционального отношения респондентов к исследуемому объекту. Для этого сопоставляются ответы респондента на вопрос цветным выбором и его индивидуальная шкала цветных предпочтений. В результате получается множество ответов респондентов, выражающего отношение респондента к тому или иному вопросу. Если в рамках исследования важно выявить мнение конкретного респондента, то по результатам ответов и соотношения их с индивидуальной шкалой может быть получена весовая оценка S_i , показывающая эмоциональное отношение респондента к i -му вопросу.

В большинстве же случаев при принятии управленческих решений в социальных и экономических системах важно мнение не конкретного респондента, а группы экспертов. В этом случае порядок обработки результатов следующий:

1) определение согласованности полученных результатов, их статистической значимости. Для этого необходимо рассчитать коэффициент согласованности ответов респондентов по j -му вопросу $V_j = \frac{\sigma_j}{M_j}$, где

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{m_j - 1} \sum_{i=1}^{m_j} (C_{ij} - M_j)^2};$$

m_j – число экспертов, участвовавших в опросе; C_{ij} –

ответ i -го респондента на j -й вопрос; M_j – средняя балльная оценка, $M_j = \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} C_{ij}$

если $V_j < 0,6$, то результаты опроса можно считать статистически значимыми и соответственно можно рассчитывать сводную оценку опрашиваемой группы к исследуемому вопросу.

2) определение интегрированного показателя цветоэмоционального отношения группы респондентов к исследуемому объекту. Коэффициент цветоэмоционального отношения ($K_{\text{эо}}$) совокупного отношения членов группы к эмоционально-значимому объекту определяется исходя из полученных весовых коэффициентов.

$$K_{\text{во}} = \frac{M}{N} \cdot \sum_{i=1}^8 a_{ij}, \quad (2)$$

где a_{ij} – весовое значение цвета, выбранного i -м экспертом при ответе на j -й вопрос; N – общее число цветовых ответов в опрашиваемой группе; M – масштабный коэффициент.

Третья глава посвящена разработке алгоритмов на основе математических моделей, предложенных во второй главе, и их программной реализации.

Алгоритм построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений. В основу предложенной методики был положен процесс построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений в рамках 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 и его просят в каждой паре выбрать предпочтительный цвет. Каждая пара предъявляется по 6 раз.

В итоге будет получена следующая матрица $[F] = \begin{vmatrix} f_{1,1} & \dots & f_{1,j} \\ f_{2,1} & \dots & f_{2,j} \\ f_{i,1} & \dots & f_{i,j} \end{vmatrix}$,

соответствующая количеству предпочтений цветов в парах $f_{i,j}$. 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 $[P] = \begin{vmatrix} p_{1,1} & \dots & p_{1,j} \\ p_{2,1} & \dots & p_{2,j} \\ p_{i,1} & \dots & p_{i,j} \end{vmatrix}$, где $p_{i,j}$ – вероятность 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 $N = 6$).

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

Каждое значение вероятности $p_{i,j}$ из матрицы $[P]$ переводится далее с помощью таблиц нормального распределения в единицы стандартного отклонения нормальной кривой – $z_{i,j}$, которые формируются в матрицу z -оценок – $[Z]$. Они представляют собой нормированные по стандартному отклонению расстояния от «стимульных точек» до медианы. По этим расстояниям и вычисляются шкальные значения G_i каждого стимула.

На рисунке 3 представлен описанный выше алгоритм построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений.

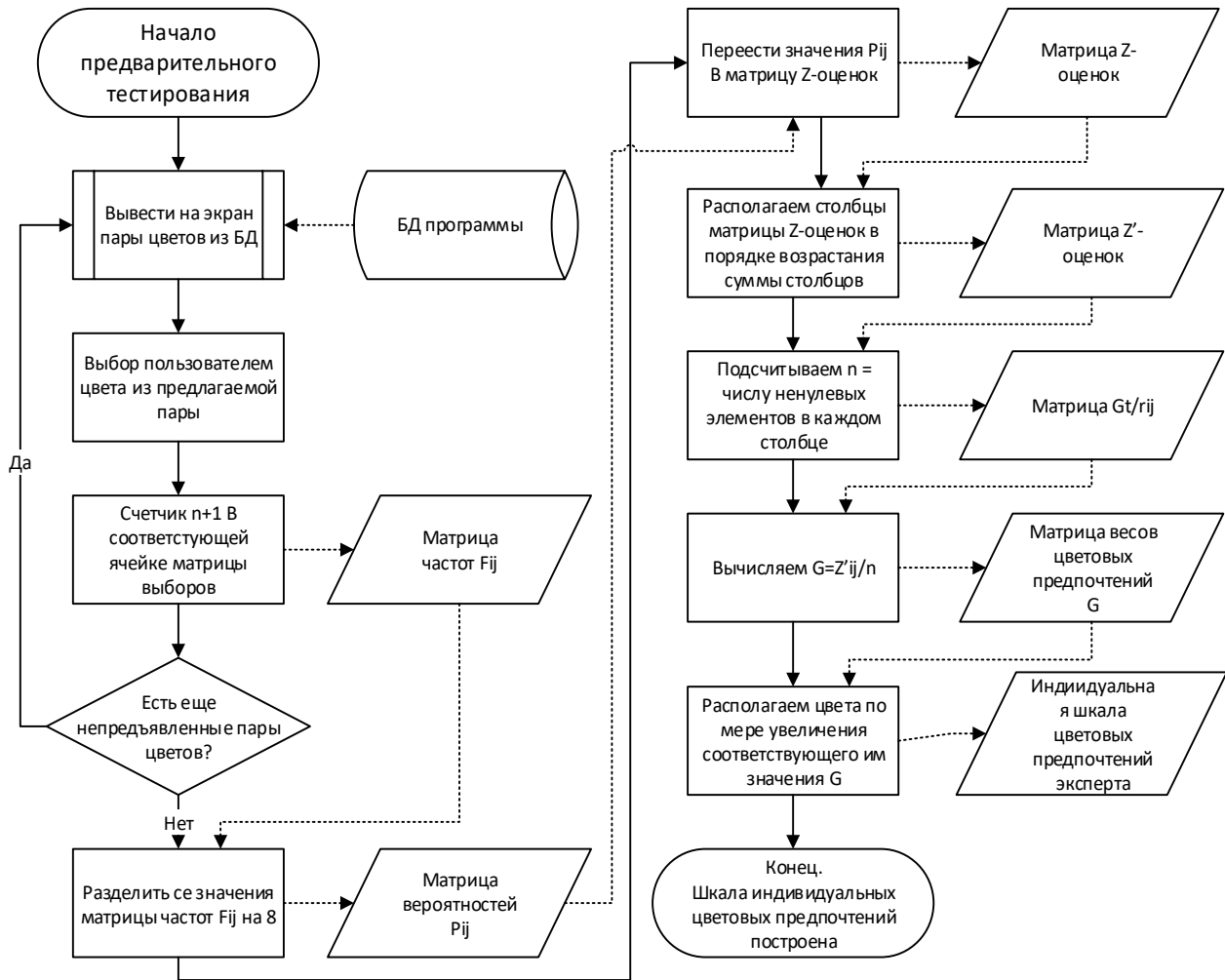


Рисунок 3. Схема алгоритма построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений

Элементом матрицы $z_{i,j}$ является вероятность $p_{i,j}$, преобразованная в единицы стандартного отклонения. Переставим столбцы в матрице $[Z]$ в таком порядке, чтобы первый столбец имел наименьшую сумму элементов, а последний – наибольшую. Из полученной матрицы $[Z']$ можно получить матрицу различий между соседними парами столбцов, вычитая их поэлементно один из другого. В каждой j -ой строке элемент этой матрицы будет равен $z'_{j,i+1} - z'_{j,i}$.

$$G_1 = 0; G_2 = r_{1,2}, G_3 = G_2 + r_{2,3}, G_n = G_{n-1} + r_{n-1,n}. \quad (3)$$

Пользуясь выражением (3), вычисляем из полученных различий шкальные значения стимулов, приняв, что $G_i = 0$, т.к. у i -го цвета значение z в матрице $[Z]$ минимальное. $z'_{j,i+1} - z'_{j,i}$

Алгоритм обработки результатов исследования. После того, как индивидуальная шкала цветовых предпочтений построена, следующим этапом в работе программного комплекса является проведение опроса и его дальнейшая обработка. Обработка результатов опроса заключается в предварительном определении статистической значимости результатов опроса и дальнейшем расчете группового коэффициента цветоэмоционального отношения, который

отражает эмоциональное отношение группы экспертов по исследуемому вопросу. Алгоритм процесса обработки результатов представлен на рисунке 4.

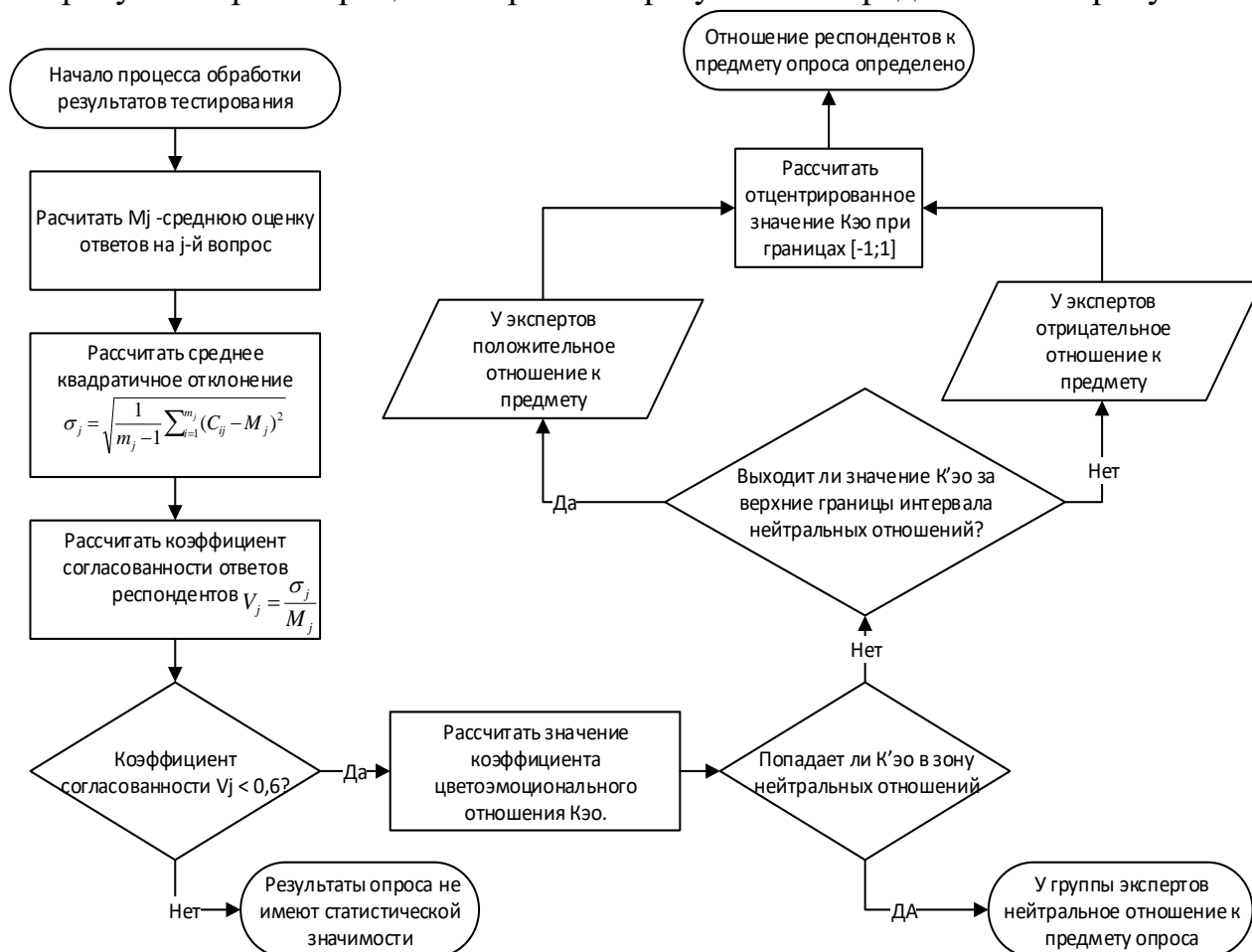


Рисунок 4. Блок схема алгоритма обработки результатов тестирования

Расчет коэффициента цветоэмоционального отношения выполняется по формуле (2), весовые коэффициенты берутся из индивидуальной шкалы цветовых предпочтений, масштабный коэффициент M принимаем равным единице ($M = 1$). При выполнении дальнейшего расчета получаем

$$K'_{zo} = 2 \cdot M \cdot \left(\frac{K_{zo} + |\beta_i^{(-)}|_{\max}}{|\beta_i^{(+)}|_{\max} + |\beta_i^{(-)}|_{\max}} - 0,5 \right), \quad (4)$$

где β – весовое значение цвета на шкале индивидуальных цветовых предпочтений респондента. Получаем центрированное значение коэффициента цветоэмоционального отношения K'_{zo} , находящееся в пределах от -1 до $+1$.

Полученное значение K'_{zo} соответствует совокупному эмоциональному отношению членов группы к оцениваемому объекту или явлению.

Также в рамках работы были рассмотрены алгоритмы частного применения метода цветовых оценок при решении более узких задач, таких как комплектование малых проектных групп с учетом квалификационных требований и навыков участников и межличностных отношений между ними.

Программная реализация алгоритмов. Были рассмотрены архитектурные решения, положенные в основу разработанного программного комплекса и его модулей. Проведение массовых опросов связано с существенной

нагрузкой на систему в связи с возможностью одновременного подключения большого числа пользователей. Исходя из этого, при проектировании программного комплекса были учтены такие важные требования как отказоустойчивость и масштабируемость. На рисунке 5 представлена общая схема архитектуры программного комплекса.

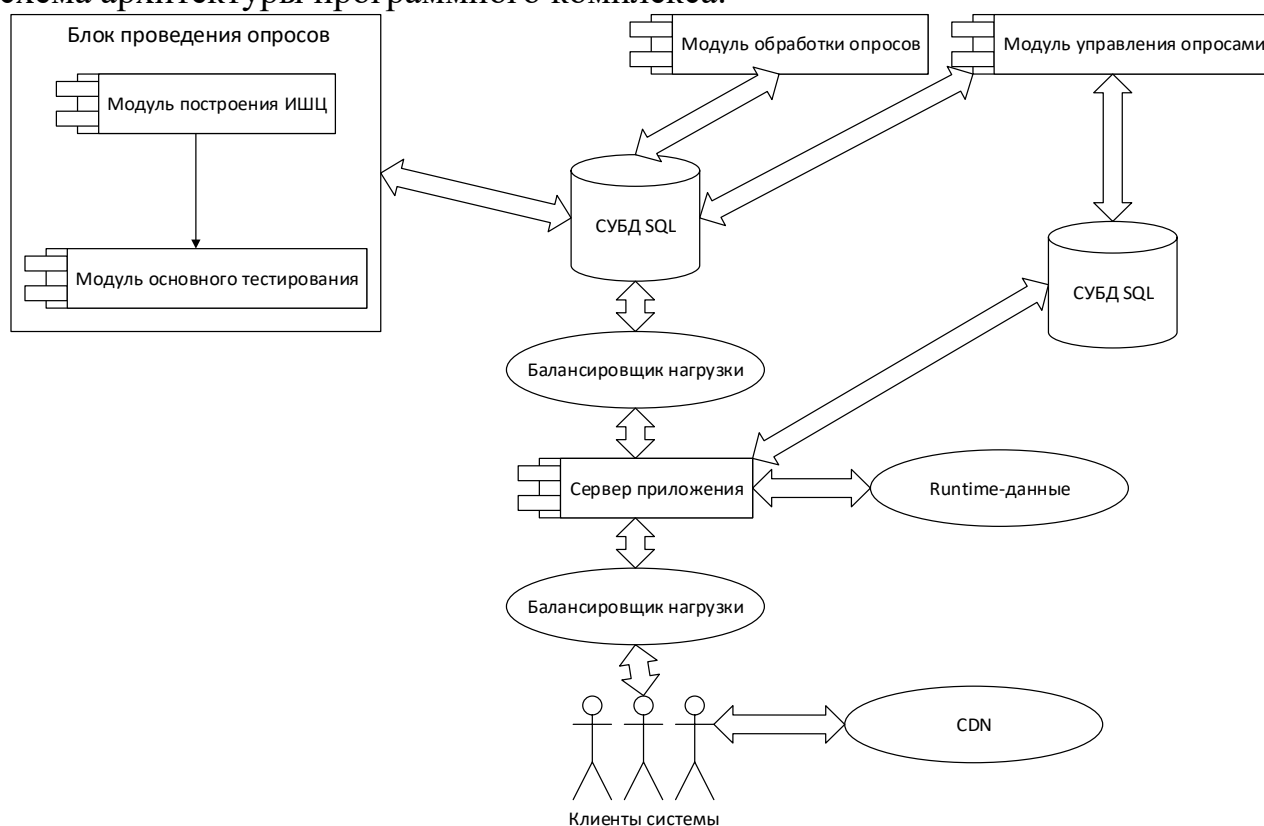


Рисунок 5. Общая схема архитектуры программного комплекса проведения опросов на основе цветных предпочтений

Программный комплекс состоит из ряда модулей, отвечающих за определенный этап исследования: подготовка опроса (на данном этапе в систему вводятся вопросы, задается их порядок), модуль проведения опросов (отвечает за сам процесс опроса), модуль обработки опросов (отвечает за обработку ответов, формирование отчетов). Все эти модули взаимодействуют друг с другом с помощью сервера приложения. Стоит отметить, что модуль проведения опросов подразделяется на две части: модуль предварительного тестирования (отвечает за построение шкалы индивидуальных цветных предпочтений) и модуль основных опросов, в рамках которого респонденты отвечают уже на вопросы касающиеся темы исследования.

При выборе средств и инструментов для реализации программного комплекса определяющими факторами были такие параметры, как свободное использование средств разработки, наличие актуальной сопроводительной документации, соответствие решаемым задачам. В результате был выбран формат веб-приложения. В качестве серверного языка выбран PHP. Системой управления базами данных является MySQL, в качестве балансировщика нагрузки используется Nginx. В качестве вспомогательных инструментов были использованы такие языки, как HTML, CSS, JavaScript, AJAX.

Четвертая глава посвящена рассмотрению возможных областей использования разработанного программного комплекса «TestColor» и его модулей при решении практических задач.

Разработанный в рамках данного диссертационного исследования программный комплекс «TestColor» может применяться в качестве как самостоятельного инструмента, так и как составной модуль при организации и проведении экспертных опросов при решении различных социально-экономических задач.

В процессе выполнения работы был определен ряд перспективных областей для применения, разработанных в рамках диссертационной работы, опросных методик на основе цветовых предпочтений.

1. Решение задач разработки эргономического обеспечения и эксплуатации человеко-машинных комплексов. С помощью комплекса «TestColor» эксперты оценивали травмоопасность действий и определяли цвета для окраски зон в зависимости от их опасности. Разобран пример использования цветовых предпочтений при эргономической проработке цеха тележек на ЗАО «УК БМЗ». В результате проведенного исследования были определены зоны травмоопасности с учетом степени риска, даны рекомендации по цветовой окраске травмоопасных объектов. В рамках выполнения этой работы были рассмотрены технологические карты выполнения различных задач производственного процесса. Было взято 12 экспертов (ученые и сотрудники производственных предприятий), которым было предложено сопоставить микродвижение и цвет в зависимости от эргономической опасности движения, которая, в свою очередь, определялась исходя из следующих критериев эргономичности: точность и своевременность выполнения микродвижений; качество выполнения (с точки зрения заказчика); травмоопасность – этот критерий разделяется на три уровня: средняя, высокая, низкая.

2. Цветовые оценки можно применять не только для определения отношения респондентов к исследуемому вопросу или объекту, но и к окружающим его людям с целью формирования эмоционально устойчивых малых проектных групп. Данную задачу можно представить как разно-масштабную задачу оптимизации в многофакторном пространстве с неравнозначными критериями.

Ответы, полученные на заданные вопросы, сводятся в матрицы взаимных оценок $C_{i,j}$ размером $N' \times N'$, где N' – общее число респондентов в группе. Общее число таких матриц равно числу вопросов анкеты. В качестве взаимной совместимости j -го и i -го операторов по каждому вопросу анкеты необходимо взять оценку $(C_{ij} + C_{ji})$.

Так как общее число взаимных психологических связей равно числу элементов матрицы C^Σ и каждый элемент C_{ij}^Σ характеризует взаимную совместимость i -го респондента с j -м, то в качестве меры групповой совместимости предлагается использовать два показателя: I_{cp} – индекс социометрической когерентности и H – коэффициент социометрической напряженности:

$$I_{cp} = 2 \sum_{i,j}^{0.5N(N-1)} C_{ij}^{\Sigma} / \alpha N(N-1); \quad (5)$$

$$H = 2(\sum P^+ - \sum P^-) / N(N-1), \quad (6)$$

где P^+ – общее количество взаимоприемлемых пар; P^- – общее количество конфликтных пар; P^+ и P^- в нашем случае равны соответственно количеству положительных и отрицательных элементов матрицы C^{Σ} ; α – нормирующий множитель, зависящий от масштаба оценки.

Из выбранных показателей ясно, что психологическая совместимость будет лучше в той группе респондентов, в которой значения I_{cp} и H выше.

Выбор оптимального варианта комплектования малых групп, задействованных в различной инновационной деятельности, осуществляется на основе следующего критерия:

$$n_{opt} = \max[\lambda_H \cdot H_n^0 + a_i \cdot I_n^0 + a_w \cdot W_n^0], \quad (7)$$

где H_n^0 – нормированное значение индекса социометрической напряженности n -й группы; I_n^0 – нормированное значение индекса социометрической когерентности n -й группы; W_n^0 – нормированное значение индекса вероятности своевременного выполнения алгоритма работы n -й группы.

Необходимо отметить, что использование выражения (7) для сформированных проектных групп с учетом соответствующих весовых коэффициентов имеет смысл, если выполняется условие $W_n^0 \geq W_{дон}$, где $W_{дон}$ – допустимое время на реализацию проекта.

Апробация разработанного программного комплекса была проведена при формировании проектных групп для совместного выполнения проектных работ на ряде кафедр БГТУ.

3. Метод цветовых оценок может быть широко задействован в процессе управления персоналом для оценки удовлетворенности коллективом, руководством, своей деятельностью. В рамках диссертационного исследования для экспериментального подтверждения выбранной нами методики был проведен ряд опросов со студенческой аудиторией. Студентам предлагалось отвечать на различные группы вопросов с помощью разработанного программного комплекса для тестирования. Вопросы касались отношения студентов к изучаемым дисциплинам, преподавателям, одногруппникам, родственникам, оценки происходящих общественных событий.

Так как респонденты отвечали на один и тот же вопрос как с использованием цветового выбора, так и простой расстановкой балльных оценок, то нам представилось возможным сравнить эти результаты на их сходимость и достоверность. Обработка результатов, полученных двумя методами, показала их высокую сходимость при расчете коэффициента Спирмена ($r = 0,704$; $p < 0,001$).

Программный комплекс «TestColor» может быть рекомендован к использованию, прежде всего, в тех случаях, когда дается качественная оценка

исследуемого объекта, определяется отношение респондентов к этому объекту. В рамках выполнения исследования была проведена оценка маркетинговой стратегии кафедры «Экономика и менеджмент» БГТУ и даны рекомендации по повышению ее эффективности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработана методика применения индивидуальных цветовых оценок при проведении опросных исследований для решения задач управления социально-экономическими системами. Показано, что применение цветовой шкалы оценок позволяет снизить влияние внешних артефактов на результаты исследований.

2. Рассмотрена математическая модель и алгоритм автоматизированного построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений на основе метода Л. Терстоуна, что позволяет формировать индивидуальную шкалу цветовых предпочтений респондента посредством экспресс-теста. Полученная шкала в дальнейшем используется в качестве эталонной при обработке результатов исследования.

3. Разработана методика обработки опроса на основе цветовых предпочтений с целью выявления отношения респондентов к исследуемому объекту. В качестве количественного показателя использован коэффициент цветоэмоционального отношения, $K_{эо} \in [-1; 1]$

4. Предложена математическая модель и алгоритм автоматизированного комплектования малых проектных групп с учетом межличностных и операциональных аспектов взаимодействия на основе цветовых предпочтений.

5. Разработан и зарегистрирован программный комплекс, автоматизированной подготовки и проведения опросов на основе индивидуальных цветовых предпочтений. Программный комплекс распространяется в формате веб-сервиса (Software as a Service, SaaS). Программный комплекс задействован в образовательном процессе на ряде кафедр БГТУ.

6. Проведена экспериментальная апробация разработанных методик проведения и обработки опросов на основе индивидуальных цветовых предпочтений. Результаты проведенных опросов показали высокую сходимость с традиционными методиками ($r = 0,704$; $p < 0,001$), что говорит о достоверности полученных результатов и возможности использования цветовых оценок в качестве альтернативы традиционным.

7. Выполнена прикладная апробация результатов исследования на промышленном предприятии. Проведена эргономическая проработка зон травмоопасности цеха тележек на ЗАО «УК БМЗ» с использованием цветовых предпочтений, что подтверждено актом о внедрении.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Кондратенко, С. В. Методы анализа и моделирования деятельности операторов в процессе эргономического обеспечения разработки и эксплуатации человеко-машинных комплексов / С. В. Кондратенко, В. В. Спасенников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (45). – С. 87-94.

2. Аверченков, В. И. Математическое моделирование процесса тестирования с использованием шкалы цветовых предпочтений / В. И. Аверченков, С. В. Кондратенко, В. В. Спасенников // Информационные системы и технологии. – 2016. – № 2 (94). – С. 5-13.

3. Кондратенко, С. В. Математическая модель построения шкалы цветовых предпочтений респондентов и ее применение в опросных методиках // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 1 (33). – С. 103-114

4. Кондратенко, С. В. Методология оценки деятельности операторов в человеко-машинных системах / С. В. Кондратенко, А. А. Кузьменко, В. В. Спасенников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 261-270.

Публикации в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus:

5. Averchenkov, V. I. A Mathematical Model of the Color Preference Scale Construction in Quality Management at the Machine-Building Enterprise / V. I. Averchenkov, S. V. Kondratenko, L. A. Potapov, V. V. Spasennikov / Published under license by IOP Publishing Ltd // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Volume 803, Number 1. – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012010>.

Публикации в других изданиях:

6. Кондратенко, С. В. Применение методов цветоаналитических оценок в информационных системах с целью диагностики отношения к предметам / С. В. Кондратенко // Инновации в профессиональном образовании и научных исследованиях ВУЗа: материалы международной научно-практической конференции. – Брянск. – 2014. – С. 176-179.

7. Кондратенко, С. В. Формирование маркетинговой коммуникации образовательного учреждения с использованием проективных методик. // IV международная научно-практическая конференция «Информационные технологии в образовании и науке» (ИТОН – 2015). – Казань. – 2015. – С. 39-45.

8. Кондратенко, С. В. Методы анализа и моделирования деятельности операторов в процессе эргономического обеспечения разработки систем, изделий и технологий / С. В. Кондратенко, В. В. Спасенников // Научно-практический журнал вестник славянских ВУЗов. – 2015. – № 4. – С. 146-152.

9. Кондратенко, С. В. Шрифт, форма и цвет как основные эргономические факторы в проектировании логотипов компаний / С. В. Кондратенко //

Закономерности взаимодействия технических устройств и человека в технических и антропогенно-измененных системах: материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 110-115.

10. Кондратенко, С. В. Проведение маркетинговых исследований с использованием индивидуальных цветовых предпочтений респондентов на примере вуза // Международная научно-практическая конференция «Роль интеграции науки, инновации и технологии в экономическом развитии стран». – Душанбе, Таджикистан. – 2016. – С. 241-248.

11. Кондратенко, С. В. Алгоритмические основы оценки деятельности операторов / С. В. Кондратенко, А. А. Кузьменко, В. В. Спасенников // Информационные технологии в эргономике и дизайне: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2016. – С. 27-41.

12. Kondratenko, S. V. Application of methods of color estimates in information systems for purpose of diagnostics of the attitude to objects / S. V. Kondratenko, V. I. Averchenkov, V. V. Spasennikov // Fundamental science and technology-promising. – 2016. – P. 61-63.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

13. Кондратенко, С. В. Программный модуль для построения индивидуальной шкалы цветовых предпочтений респондента / С. В. Кондратенко, В. И. Аверченков, В. В. Спасенников // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016619661 от 25.08.2016 г.

14. Кондратенко, С. В. Система определения отношения респондентов к исследуемым вопросам «TestColor» / С. В. Кондратенко, В. И. Аверченков, В. В. Спасенников // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614985 от 25.08.2016 г.

Подписано в печать _____. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Офсетная печать. Печ. л. 1. Т.100 экз. Заказ № 45. Бесплатно.

Брянский государственный технический университет,
241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7.
Лаборатория оперативной полиграфии БГТУ, ул. Институтская, 16.