



На правах рукописи

**Мартемьянова Евгения Александровна**

**Метод анализа структуры формы объектов предметно-  
пространственной среды**

Специальность 17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва - 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре «Дизайн среды».

**Научный руководитель:** кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Дизайн среды» ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», г. Москва  
**Волкодаева Ирина Борисовна**

**Официальные оппоненты:** доктор искусствоведения, профессор, заведующий кафедрой «Дизайн» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно - строительный университет» г. Казань  
**Михайлов Сергей Михайлович**

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Дизайн» ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск  
**Ившин Константин Сергеевич**

**Ведущая организация:** АНО ВО «Национальный институт дизайна», г. Москва

Защита состоится «26» декабря 2019 г. в 10.00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.144.05, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, аудитория 156.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте вуза <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, доктор технических наук, доцент



А.Н. Новиков

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Мировая цивилизация стремительно входит в новый (шестой) технологический уклад, грозящий в ближайшее время радикально поменять наши представления об алгоритмах формообразования окружающей нас предметно-пространственной среды, качественно изменив ее облик. Уже сейчас появляются объекты - трансформеры, объекты древовидной, спиралевидной, фрактальной формы, внешний вид которых композиционно усложнен и содержит сотни визуально значимых элементов. В сложившейся ситуации, предпринимаемые попытки говорить о красоте форм предметной среды традиционным языком аналитической геометрии, оперируя такими понятиями, как диаметр, высота, ширина, длина, глубина, толщина, симметрия, площадь, периметр и т. п., не дают какого-либо положительного эффекта, не продвигают столь быстро вперед новые приемы в формообразовании произведений архитектуры и дизайна. Возникает необходимость более скоростного внедрения современных компьютеризированных методов и более совершенных цифровых технологий в архитектурно – дизайнерское формотворчество.

В последние годы отечественными и зарубежными исследователями стали предприниматься попытки создать информационные модели анализа внешнего вида объектов среды, которые соответствовали бы врожденным механизмам системы зрительного восприятия человека. Несмотря на то, что форма, как система организации ее составных частей, их связей и взаиморасположения, исторически всегда была в поле зрения дизайнеров, архитекторов и художников, в процедурах ее анализа все еще присутствует не до конца исследованный вопрос о формализованном описании ее структуры. На современном этапе формообразования предметной среды востребованы знания о методах анализа многоэлементных, структурно сложных объектов. И сегодня эти знания переплетаются с требованиями прочности и технологичности конструкций, безопасности жизнедеятельности человека, становятся в один ряд не только с эстетическими, но и с экологическими и эргономическими требованиями.

### **Степень теоретической изученности темы**

Начало широкомасштабных отечественных исследований эстетических принципов структурирования внешнего вида объектов среды в рамках архитектурного проектирования было положено Н.А. Ладовским, В.Ф. Кринским, Н.В. Докучаевым, А.В. Степановым, А.В. Иконниковым, Ю.С. Сомовым, Г.Б. Минервиным и другими.

Фронт исследований эстетических принципов структурирования объектов среды существенно расширился после того, как в 1970-х годах в отечественные технические задания на разработку сложных технических систем (система анализа космических объектов, системы оборонного назначения, системы информационного обеспечения) был введен раздел, содержащий требования технической эстетики. При этом, для описания сверхсложных структур предметной среды потребовался качественно новый

подход к оценке формообразования, основанный на особенностях зрительного восприятия. Фундаментальные исследования зрительного восприятия и опознания, выполненные под руководством известных отечественных ученых Б.Ф.Ломова, В.Д.Глезера, В.Ф.Рубахина, В.Ф.Венды, М.С.Шехтера и Т.П.Зинченко, позволили сформировать основы теории распознавания образов, исследовать не только механизмы зрительного восприятия, но и выявить устойчивые (врожденные и приобретенные) стратегии зрительного восприятия структуры форм объектов среды. Влияние формы контуров композиций на выбор наблюдателем дальнейших стратегий осмотра были исследованы Б.Ф.Ломовым и А.А.Митькиным. Фазность зрительного восприятия подтвердили эксперименты Б.Ф.Ломова. Главенство мнимых (невидимых) элементов в структуре композиции было выявлено в исследованиях Н.В.Завалишина и И.Б.Мучника. Начало углубленного отечественного исследования признаков, характеризующих форму объектов, было положено Р.М.Грановской, И.Я.Березной и А.Н.Григорьевой. Близко к современному пониманию равновесия масс и соподчинению элементов в несмысловых композициях подошли П.А.Кудин, Б.Ф.Ломов, А.А.Митькин, Т.М. Перцева, И.И.Литвак, А.Г. Аркадьев, М.М. Бонгард. Формальный анализ композиционной структуры плоскостного изображения проводится в работах О.Л. Голубевой, К.Т. Дагдьяна, Е.В. Жердева, А.С. Котлярова, А.И. Лапина, Г.М. Логвиненко, Р.В. Паранюшкина, Б.А. Соловьевой и В.Б. Устина.

И.Л. Ванечкина, А.М. Свешникова, Н.М. Сокольников, И.Н. Стор и О.В. Чернышев исследовали проблему взаимосвязи формального и ассоциативного методов построения композиции изображения.

А.В.Шаповалом были проведены лабораторные исследования зрительного восприятия формальных композиций. Для описания формы объектов среды были предложены новые признаки: «визуальная масса» – психофизиологический признак, характеризующий силу энергетического воздействия изображения на зрительный анализатор человека, «степень динамичности визуальной массы» – протяженность визуальной массы в каком-либо направлении, «вектор динамичности» – функциональная зависимость от значений степени динамичности частей изображения, лежащих слева и справа от центра его визуальной массы. В практику художественного проектирования были введены важные понятия теории формальной композиции: «ключ композиции», «кортеж композиции», «мнимый элемент». Для современных разработок методов анализа форм объектов наиболее значим системный подход к формообразованию предметной среды, представленный в работах отечественных ученых Д.Л. Мелодинского, С.М. Михайлова, Н.Д. Дембич, Малахова С.А. Ившина и Н.П. Бесчастнова.

Среди зарубежных исследователей, повлиявших на формирование современной теории композиции, следует отметить Г.Т.Фехнера, положившего начало психофизиологическому закону восприятия композиций, на котором основываются разработанные алгоритмы оценки структуры формы объектов системой компьютерного зрения. Также,

выдающаяся роль в формировании аксиоматики современной формальной теории композиции принадлежит гештальтпсихологии, в которой особую ценность приобрели ранние работы Х. Эренфельса и Г.Е. Мюллера, добавившего к принципу сходства принцип близости, симметричного положения, включенности в общий контур и др.

Интенсивное внедрение компьютеризации в современную культуру предопределило необходимость междисциплинарного подхода. В качестве теоретического базиса исследования были использованы концепции внедрения информационных технологий в современную культуру и искусство, представленные в работах ведущих зарубежных исследователей компьютерной обработки и распознавания образов Д. Гелернтера, Р.К. Шенка, Д.Х. Холланда, Д. Мара, У. Гренандера, Ж- Л. Лорьера, А. Фора, К.С. Фу. Бесспорно, к основоположникам современной теории композиции можно отнести американского искусствоведа и психолога Р. Арнхейма, первым обратившего внимание на полевую (не видимую) структуру композиции. В трудах И. Иттена, В.В. Кондинского, Клее, Мохой Надь, Шлемера сформулированы философские, психологические и теоретико-методологические основы изучения художественной формы в произведениях пространственных искусств.

Весомый вклад в науку о форме наблюдаемых объектов внесли современники Р.Арнхейма – Г. Ван Доррен, Ф.Эшфорд, З.Г.Бегенау, а в последующие годы У.Лидвелл, Дж.Батлер и К.Элам.

### **Цели и задачи диссертации**

Целью исследования является разработка и внедрение метода анализа визуальной структуры формы объектов предметной среды для решения задач художественного проектирования.

*Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие задачи:*

- 1) Изучить становление методов анализа формы объектов дизайна среды во временном интервале: конец XIX в. - начало XXI в;
- 2) Разработать алгоритмы количественной оценки параметров визуальной структуры формы объектов предметной среды, проверить соответствие разработанных алгоритмов устойчивым стратегиям анализа зрительной системы человека;
- 3) Применить полученный метод в решении задачи определения структурной сложности формы объектов дизайна и апробировать полученные результаты на примерах структурирования композиций предметной среды различных уровней.

### **Объект, предмет, материал и границы исследования**

*Объектом исследования* является визуальная структура формы объектов дизайна предметной среды, представляющая собой зрительно воспринимаемую совокупность композиционных центров и динамических осей внешнего вида.

*Предметом исследования* являются методы анализа визуальной структуры формы объектов дизайна предметно-пространственной среды.

## **Временные границы исследования**

Историко-временные границы исследования определяются с конца XIX в. (выход работы Г.Т.Фехнера «Введение в эстетику», положившей начало «эстетике простых форм» и общеформалистической тенденции в понимании эстетического в эмпирических исследованиях).

При этом особый акцент делается на первом десятилетии текущего столетия (2000 – 2011 гг.), как периоде бурного развития информационных технологий и их активного внедрения в анализ формы в художественном проектировании.

## **Методология и методы исследования**

Эмпирическая база исследования включает в себя шестнадцать специально изготовленных тестовых образцов цветных поверхностей с измеренными значениями доминирующей волны, чистоты цвета и коэффициента отражения, представляющих все участки видимой человеком области цветов анализируемой формы или всего изображения.

Вместе с этим для решения поставленных в работе задач, использовались дополнительные методы исследования:

- *метод выбора тестовых форм;*
- *метод визуального «взвешивания» тестовых элементов на экране компьютера;*
- *метод видеосъемки;*

Острота зрения испытуемых определялась по общепринятой методике с использованием таблиц Головина. Цветовосприятие исследовалось с применением таблиц Рабкина. Общее количество испытуемых составило 210 человек.

Комплексный подход к изучению структуры формы объектов дизайна предметно-пространственной среды базируется на:

- *статистических методах сбора и обработки информации с целью последующего подтверждения полученных данных;*
- *сравнительно-сопоставительном анализе факторов, влияющих на формирование процессов структурирования объектов предметно-пространственной среды;*
- *сравнительном литературном анализе для обобщения информации смежных областей науки в вопросах оценки визуальной структуры формы наблюдаемых объектов среды.*

## **Научные результаты, выносимые на защиту**

1. Метод анализа структуры формы объектов дизайна предметно-пространственной среды.
2. Алгоритмы количественной оценки параметров визуальной структуры формы объектов дизайна предметно-пространственной среды;
3. Матрица определения структурной сложности формы объектов предметно-пространственной среды.

## **Научная новизна результатов исследования**

Следует отметить основные положения, определяющие научную новизну исследования:

1. В результате изучения методов анализа внешнего вида объектов дизайна среды во временном интервале: конец XIX в. – начало XXI в. был рассмотрен и систематизирован существующий перечень признаков, характеризующих визуальную структуру форм. В данном перечне были выделены наиболее эффективные признаки описания формы и предложены новые признаки, характеризующие структуру (порядок композиционных центров, порядок динамических осей, вещественные и мнимые элементы, энергетические (полевые) параметры);

2. Впервые разработан метод анализа визуальной структуры формы объектов дизайна, позволяющий более детально рассматривать структуру элементов и кластеров уровней предметной среды. Созданный метод соответствует стратегиям зрительного восприятия среды человеком и позволяет значительно повысить качество художественного проектирования;

3. Разработаны четыре алгоритма и создана программа количественной оценки параметров визуальной структуры формы объектов дизайна предметной среды «Анализатор – М», которые существенно ускоряют и оптимизируют процессы художественного проектирования в различных сферах дизайна, а также помогают формулировать рекомендации для коррекции проектных решений.

4. Создана матрица определения структурной сложности формы объектов дизайна предметной среды, позволяющая:

- оценивать сложность линейных, контурных, точечных композиций всех уровней среды;
- проводить сравнительный анализ формообразования различных объектов внутри кластеров и уровней среды;
- оценивать энергетическую (полевую) структуру форм отдельных объектов;
- определять степень сложности, как всего объекта, так и его локальных зон;
- рассчитывать порядок композиционных центров и динамических осей.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Методика анализа визуальной структуры формы может быть использована в качестве естественнонаучной основы художественного проектирования объектов предметной среды, поскольку она учитывает механизмы зрительного восприятия человека и дает возможность существенно увеличить глубину исследования структур композиций в архитектуре и дизайне, а также сократить сроки аналитической работы.

В практическом плане проведенное научное исследование позволяет оптимизировать процесс реального проектирования в области создания предметно-пространственной среды, вывести его на качественно новый уровень и создавать инновационное формообразование с учетом зрительного восприятия человека.

Полученные результаты внедрены в учебные процессы в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете. Разработанная программа «Анализатор-М» используется для анализа

визуальной структуры формы объектов предметной среды в рамках учебного курса «Проектирование» на кафедрах дизайна.

### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Научные результаты исследования докладывались автором на 3 всероссийских и 7 международных конференциях и форумах, в том числе:

– в рамках руководства проектами: «Разработка приборной панели для универсального спасательного средства (УСС)»; «Разработка пассажирского кресла, предназначенного для УСС»; «Разработка внешнего облика УСС»; «Разработка пассажирского салона, внутреннего пространства кабины УСС» в Научно-производственном центре «Транспорт» при Нижегородском Государственном Техническом Университете им. Р.Е. Алексеева (Нижегород 2013–2016гг.);

*Результаты исследования получили высокую оценку министерства промышленности:*

2014 – Лауреат гранта Нижегородской области в сфере науки, технологий и техники «Разработка программных модулей оценки признаков элементов сложных композиционных структур в задачах восприятия окружающей обстановки системами технического зрения», в соответствии с распоряжением Правительства Нижегородской области от 10.07.2014 года № 1251-р «О предоставлении грантов Нижегородской области в сфере науки, технологий и техники».

Результаты исследования включены в программы практических занятий по курсу «Проектирование» и «Теория и методология дизайн-проектирования» на кафедре «Промышленного дизайна» ННГАСУ г. Нижний Новгород, и были использованы при разработке ряда учебных и дипломных проектов, под руководством Е.А. Мартемьяновой в 2014-2018 уч. годах.

### ***Диссертация обсуждалась и была одобрена:***

– на заседании кафедры «Дизайн среды» института дизайна ФГБОУ ВО РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство);

– в Академии изящных искусств г. Верона, Италия, 2017 г.

По теме диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ: **5 – в научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.**

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа изложена на 165 страницах и состоит из введения, 3 глав, выводов по работе, списка литературы из 155 источников, приложения на 20 страницах. Диссертационное исследование содержит 39 таблиц, 125 иллюстраций.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснован выбор темы исследования, ее актуальность и степень разработанности; определены цель, задачи, объект и предмет исследования; сформулированы выносимые на защиту положения, дана характеристика научной новизны и практической значимости исследования, апробация её основных положений.

**В первой главе** «Современные методы анализа формы объектов дизайна предметной среды» выделяются ключевые моменты становления



лабораторных, объективных приемов экспертизы количественных параметров визуальной структуры формы объектов дизайна среды.

**В первом параграфе** *«Особенности и задачи отечественного художественного проектирования в новом (шестом) технологическом укладе»* исследуются научные достижения начала шестого технологического уклада, начинающие в корне менять традиционные представления о форме объектов. Подчеркивается, что технологии нового уклада требуют ранее неизвестных, качественно новых методов художественного проектирования. В работе, в результате анализа научно - технических достижений, установлено:

- на завершающей стадии развития каждый технологический уклад порождает нечто новое, и степень достигнутой новизны воспринимается людьми, живущими в начале уклада, как «чудо». Например, в конце третьего уклада это была передача изображения и речи на большие расстояния, в конце четвертого уклада – полеты человека в космическом пространстве, в пятом укладе – превосходство искусственного интеллекта над игрой чемпиона мира по шахматам;

- тотальная роботизация непосредственно связана, во-первых, с интенсивным освоением гомогенных, безлюдных пространств. К таким пространствам относятся зоны Арктики и Антарктики, пространства глубоководных океанов и морей, подземное пространство и стратосфера. Освоение безлюдных пространств требует существенного переосмысления принципов формообразования;

- в проектной деятельности дизайнеров и архитекторов цифровые технологии стремительно меняют алгоритмы и инструментарий структурирования композиций предметно-пространственной среды;

- компьютеры, которые использовались в прошлом как чертежные инструменты, сегодня переходят в категорию экспертов и становятся советчиками, коллегами дизайнера, архитектора, художника, их базы знаний уже на несколько порядков превосходят знания специалистов.

**Во втором параграфе** *«Новая парадигма восприятия структуры формы объектов дизайна предметной среды»* на основе анализа знаний о форме сформулированы следующие выводы:

- функционирование человека в окружающей его предметной среде представляет собой полисистемный процесс, одной из главных компонент которого является сенсорный анализ характеристик структуры окружающей его среды. В системе перцептивных действий человека главная роль принадлежит действиям обнаружения, различения и идентификации формы. Форма – первостепенный, наиважнейший признак объектов среды;

- объекты предметной среды включают в себя два одинаково реальных фундаментальных физических компонента – вещество и форму, благодаря которой вещество становится визуально воспринимаемым локальным объектом;

- анализ научной литературы о форме позволил выделить её следующие главные особенности: форма обладает видимой и невидимой (полевой) структурой; напряженность поля формы (объектов, фигур или линий)

достигает максимумов по биссектрисам углов, кроме биссекторных направлений; максимальным уровнем энергетического потенциала обладают линии, соединяющие центра масс заряженных, намагниченных и им подобных объектов; точки пересечения биссектрис углов формы представляют собой фокусы (лат. focus – очаг), т.е. зоны с наиболее максимальной энергетикой (единственное трехмерное тело, в виде пирамиды с квадратным основанием и полированными гранями, в максимальной степени фокусирует энергию поля по биссекторной оси, проходящей через ее вершину); любой выступ на поверхности объекта подобен антенне (энергетическая характеристика которой может быть оценена методом газоразрядной визуализации), поэтому любая форма образует свою волновую сигнатуру, свой код, характеризующий образ объекта; суть зрительного восприятия объектов среды, архитектурных и дизайнерских композиций – выделение (ощущение) зрительной системой человека видимых и невидимых фокусов и биссекторных осей; в любой точке пространства форма твердого тела (объекта) может быть размягчена или разрушена волновым электромагнитным воздействием (эффект Хатчисона); формы объектов среды способны оказывать негативное или позитивное волновое воздействие на поля человеческого организма; волновым воздействием на форму геномов животных или растений можно получить генномодифицированные объекты с ранее не существовавшими на планете формами.

– в современной теории архитектурно-дизайнерской композиции структура формы трактуется как совокупность «композиционных центров» (вершин углов, фокусов) и исходящих из них «динамических» (энергетически значимых) осей;

– еще в середине прошлого века нейрофизиологи первыми указали на наличие в зрительной системе человека двух относительно сепаратных, но тесно взаимодействующих подсистем зрения, одна из которых реализует интегративную оценку зрительной ситуации, общую пространственную ориентировку и локализацию стимулов, а другая – тонкий детальный анализ. Зрительный образ у человека является продуктом взаимодействия обеих подсистем. Для оценки опасности появившегося в поле зрения объекта зрительная система мгновенно включает все рецептивные поля, все каналы переработки информации, характеризующие форму, цвет, ориентацию, размеры и местоположение. Процесс практически мгновенной обработки сигналов приводит к возникновению в зрительной системе психофизиологических «интегративных» признаков. Первый и самый главный интегративный признак, характеризующий силу энергетического воздействия изображения на сетчатку глаз наблюдателя (воспринимаемого вначале в виде бесформенного пятна), получил название «визуальная масса», что в переводе с латинского языка означает «визуальный ком». Структура формы буквально «лепится» из визуальной массы. На последующем этапе восприятия начинает проявляться вначале остов, а затем «скелет» формы. При этом происходит оценка еще трех признаков, получивших название «степень динамичности визуальной массы» (характеризует степень концентрации визуальной массы по различным направлениям), «вектора динамичности визуальной массы»

(характеризует направление устремленности визуальной массы в поле зрения) и угла наклона «главной динамической оси», в направлении которой сконцентрировано основное количество визуальной массы. Все перечисленные признаки измеряются в относительных единицах.

Вторая подсистема работает в режиме тонкого детального анализа, требующего значительных временных затрат. В отличие от скоростного, интегративного режима работы, детальный анализ, занимающий примерно 70% временных затрат на восприятие (А.А.Митькин), осуществляется с помощью движений глаз. На этом этапе выполняется идентификация, т.е. отождествление сформированного образа с эталоном, записанным в памяти, и опознание знакомых объектов. Идентификация начинается практически с самого начала формирования из визуальной массы остова структуры наблюдаемой формы. При оценке визуальной структуры формы объекта, зрительная система выделяет большее количество информативных точек (фокусов) по сравнению с числом изображенных, непосредственно попадающих на сетчатку глаза. По этой причине возникла необходимость определения местоположения и расчета энергетических характеристик невидимых информативных точек. Без качественно новых знаний о видимой и невидимой (полевой) структуре композиций внешнего вида объектов стало невозможным отвечать на запросы практики художественного проектирования. Таким образом, в результате бурного развития цифровых технологий в дизайне оказалась актуальной разработка алгоритмов и программного обеспечения для количественной оценки новых признаков, характеризующих форму объектов предметной среды на скоростном этапе зрительного восприятия.

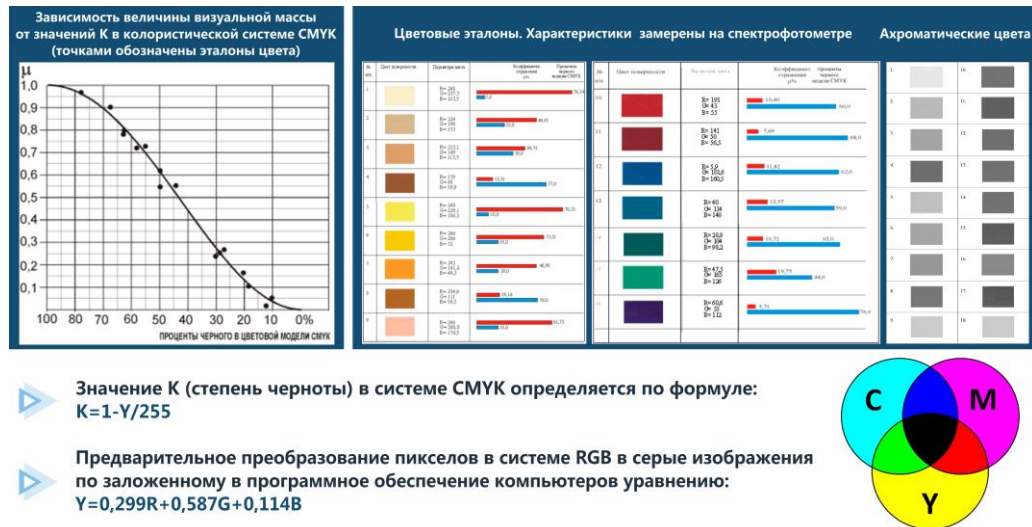
**Вторая глава** *«Разработка методики количественной оценки параметров визуальной структуры формы объектов дизайна предметной среды»* посвящена описанию и формированию метода анализа визуальной структуры формы объектов, выделяемых из различного рода изображений.

**В первом параграфе** *«Разработка алгоритмов количественной оценки параметров визуальной массы объектов дизайна среды»* вначале описывается разработка алгоритма №1, предназначенного для количественной оценки визуальной массы пикселей цветных композиций предметной среды.

В основу алгоритма №1 количественной оценки массы пикселей была положена зависимость визуальной массы от коэффициентов отражения, от чистоты цвета и значений доминирующей длины волны. Для разработки информационной модели компьютерной оценки количества визуальной массы было предложено использовать процедуру предварительного преобразования пикселей в системе *RGB* в серые изображения по заложенному в программное обеспечение компьютеров уравнению  $A = 0,299R + 0,587G + 0,114B$  и вычислять количественные значения визуальной массы, пользуясь функциональной зависимостью её значений от процента черного в системе *СМУК*. При этом значение *K* определялось через уравнение:  $K = 1 - A/255$ .

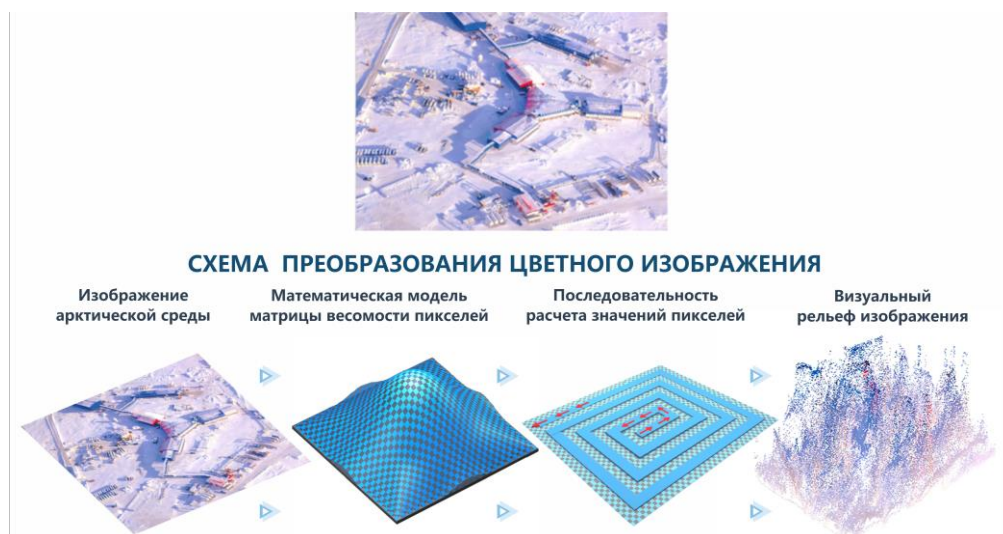
С целью подтверждения сказанного, из видимого спектра цветов были произвольно выбраны шестнадцать эталонов цвета с замеренными на спектрофотометре цветовыми колористическими характеристиками

доминирующей длины волны в спектре, коэффициента отражения и чистоты спектрального цвета. Процедура ранжирования испытуемыми эталонов цвета на экранах мониторов с различной калибровкой полностью подтвердила эффективность разработанного алгоритма (илл.1).



Илл. 1 – Результаты субъективной количественной оценки «массы» тестовых цветных изображений

Далее в данной работе была построена математическая модель виртуальной колоколообразной поверхности значений коэффициентов весомости пикселей анализируемого поля изображения, приближенно отвечающая особенностям восприятия визуальной массы человеком. Предложенная модель виртуальной сетчатки представляет собой квадратную матрицу  $n \times n$  пикселей, к каждому из которых соотнесен скалярный положительный однородный весовой коэффициент  $k_i$ . Ее формат в системах цифровой обработки изображений, созданных на базе IBMPC, практически может быть любым (обычно 256x256 ячеек).



Илл. 2 - Схема информационного преобразования цветного изображения

В итоге был разработан алгоритм №2 для количественной оценки массы любого анализируемого цветного изображения (илл.2).

В основу алгоритма №3, выполняющего ранжирование по массам многосложных объектов, был положен уровневый характер зрительного восприятия предметной среды, представляющий собой врожденную стратегию зрительного восприятия человека.

К первому уровню зрительного восприятия дизайн-объектов – (А) относятся элементы среды, размеры которых очень малы и лежат в пределах от 0,1 мм до 1 мм, как например линии, образующие текстуру и фактуру поверхностей средовых объектов. Второй уровень – (В), где интервал размеров – от 1 мм до 10 мм; в производственной среде уровень В может быть представлен графическими элементами панелей оборудования (буквы и цифры), крепежными элементами, сигнальными светодиодами и т. п. Третий уровень – (С), интервал размеров – от 10 мм до 100 мм. К размерным элементам уровня С в предметной среде относится достаточно много предметного окружения человека. Четвертый – (D) – размеры объектов среды от 100 мм до 1 м, так же уровень D формируется компактными группами элементов уровня С. Пятый – (Е) – элементы этого уровня имеют диаметры от 1 м до 10 м; к ним относятся панели стен, потолков, полов, дверные и оконные проемы, ковры, занавеси, элементы композиций фасадов зданий, «малые архитектурные формы», а так же компактные группы элементов уровня D. Шестой уровень – (F), где размеры элементов составляют от 10 м до 100 м. Уровень образован элементами экстерьеров зданий и сооружений, элементами окружающей их территории, компактными группами элементов уровня E. Седьмой уровень – (G), с размерами объектов от 100 м до 1 км: объекты городской среды, элементы ландшафта, панорамы крупных предприятий, мосты, автотрассы, плотины водохранилищ. Композиции, образованные элементами, лежащими ниже уровня А и выше уровня G, не воспринимаются глазом человека без специальных оптических устройств.

**Во втором параграфе** «Разработка метода анализа визуальной структуры формы объектов дизайна среды» рассказывается о разработке метода анализа визуальной структуры формы объектов среды (илл. 3). Кроме того, в данном параграфе были рассмотрены признаки, характеризующие структуру форм. С целью количественной оценки параметров структур был разработан алгоритм №4, позволяющий оценивать значения степени динамичности « $\delta$ » и направления вектора динамичности визуальной массы выделенного элемента композиции.

Степень динамичности  $\delta$  выражается следующей функциональной зависимостью:

$$\delta = f(k; \mu; x; y)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий особенности зрительного восприятия степени динамичности массы,  $\mu$  – масса пикселей изображения,  $x$  и  $y$  – координаты пикселей относительно центра визуальной массы анализируемого изображения.

Алгоритм №4 состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Замеряются значения « $\mu$ » пикселей элементов композиции.

Шаг 2. Определяются координаты центра визуальной массы анализируемого участка изображения (элемента композиции).

Шаг 3. Центр визуальной массы « $\mu$ » принимается за начало декартовой системы координат.

Шаг 4. Определяются значения степеней динамичности верхних и нижних частей столбцов сетчатки изображения вдоль оси  $y$  (количество столбцов может быть любое, максимальное равно длине изображения вдоль оси  $x$  поделенной на количество пикселей в выбранном дискрете изображения).

Шаг 5. Определяются значения степеней динамичности столбцов.

Шаг 6. Осуществляется приведение значений  $\delta(\mu, y)$  к оси  $x$ .

Шаг 7. Определяются значения степени динамичности левой части строки ( $x < 0$ ) и правой части строки ( $x > 0$ ).

Шаг 8. Определяются значения степени динамичности строки вдоль оси  $x$ .

Шаг 9. Определяются значения вектора динамичности.

Шаг 10. Вывод значений степени динамичности и вектора динамичности для заданного уровня дискретизации на экран монитора.

На основе полученных четырех алгоритмов был разработан метод анализа визуальной структуры формы объектов предметной среды (илл.3).



Илл. 3 - Предложенный метод анализа визуальной структуры формы объектов среды

Предложенный метод состоит из следующих этапов:

1 – выявление в изучаемом изображении среды объектов и формирование из них составов уровней;

2 – разделение множеств объектов уровней на кластеры;

3 – выделение внутри композиций кластеров главных, основных и второстепенных элементов;

4 – оценка соподчинения внутри групп главных, основных и второстепенных элементов;

5 – выделение внутри структуры каждого элемента главных, основных и второстепенных динамических осей, и композиционных центров (точек пересечения динамических осей);

6 – эстетический анализ структур композиционных центров;

7 – проведение коррекции линейных, угловых и цветовых параметров композиций элементов, кластеров и уровней предметной среды;

8 – формирование рекомендаций по формообразованию объектов и дальнейшего введения проектных работ.

Для решения современных дизайнерских задач потребовалась разработка программы, предназначенной для количественной оценки параметров визуальной структуры формы объектов наблюдаемой среды. В итоге, в рамках выполнения данной работы была создана базовая программа, получившая название «Анализатор-М».

Основные функции программы:

- формировать на экране монитора трехмерный «визуальный рельеф» анализируемого изображения, вращать его во всех направлениях с целью детального осмотра со всех сторон;

- вычислять и обозначать осями координат местоположение центра масс кластеров или элементов изображения;

- вычислять величину визуальной массы композиций, кластеров или отдельных элементов изображения;

- вычислять значение степени динамичности и величину вектора динамичности визуальной массы изображения;

- рассчитывать направление главной динамической оси композиции, кластера или элемента изображения;

- вычислять местоположение оси равновесия масс изображения;

- выделять анализируемые объекты из среды и ранжировать их по уровням восприятия.

**В третьей главе «Апробация полученного метода в оценке сложности структуры формы объектов дизайна предметной среды»** рассмотрены различные методики определения структурной сложности формы объектов среды, предложен алгоритм определения структурной сложности формы объектов на основе зрительного восприятия человека.

**В первом параграфе «Существующие методы определения сложности структуры формы объектов дизайна среды»** показаны различные отечественные и зарубежные методики количественной оценки степени сложности структуры формы объектов среды.

В наиболее известных зарубежных работах делались попытки оценивать сложность структуры формы:

- геометрическим путем – измерением расстояния от заданной точки до точек на данной фигуре, расположенных по окружности;



- нейрофизиологическим путем – замером длительности блокады альфа-ритма при рассматривании фигуры;
- статистическим путем – расчетом вероятности опознания в условиях ограниченного времени наблюдения и т. д.

В некоторых других методах оценки сложности учитывали число поворотов линии контура, вариативность углов, наличие симметрии, определялась регулярность и нерегулярность изменения контура. В начале 1960-х годов среди специалистов, изучающих особенности зрительного восприятия в искусстве, стали привлекательны идеи теории информации (одной из математических и естественнонаучных дисциплин, лежащих в фундаменте кибернетики).

Сегодня нарастающее усложнение урбанизированной предметной среды постоянно усиливает актуальность разработки точных методов оценки степени сложности её структуры. В связи с чем и возникла потребность в разработке аналитического метода такой оценки, поскольку информация часто передается в закодированной форме, оказывающей непосредственное влияние на скорость и точность ее переработки.

**Во втором параграфе** «Разработка матрицы определения сложности структуры формы объектов дизайна среды» предложена матрица определения сложности структуры формы объектов среды, позволяющая анализировать визуально воспринимаемую форму.

Вначале были выполнены предварительные исследования субъективной оценки сложности структуры контурных фигур, необходимые для разработки алгоритма оценки меры сложности. Исследования проводились на однородном контингенте из пяти групп общим количеством 100 человек. После окончания экспериментов с каждым набором, его фигуры упорядочивались по «обобщенной» субъективной сложности.

Проведенные в данной работе исследования показали, что на оценку сложности структуры формы влияет достаточно большое количество различных факторов. Из них основные факторы следующие:

- количество композиционных центров в контуре объекта  $\Sigma_v$ ;
- количество выделяемых кластеров в структуре контура анализируемого объекта  $\Sigma_{кл}$ ;
- сумма величин степеней динамичности углов композиционных центров  $\Sigma_\delta$ ;
- сумма порядков композиционных центров  $\Sigma_\omega$ ;
- разнообразие порядков (структур) композиционных центров  $\Sigma_p$ ;
- количество осей  $\Sigma_o$ ;
- разнообразие осей  $\Sigma_{po}$  (при равенстве длин осей – расстояний между первым и последним центрами и равенстве масс вдоль этих осей, главной воспринимается та ось, на которой расположено больше центров высокого порядка);
- разнообразие элементов  $\Sigma_{pj}$ ;
- количество композиционных центров над центром массы  $\Sigma_{v\ сверху}$ ;
- количество композиционных центров слева от центра массы  $\Sigma_{v\ слева}$ ;



– количество неравных значений координат композиционных центров  $\Sigma_{xy}$ ;

– количество равных значений координат композиционных центров  $\Sigma_{pxy}$ .

Среди перечисленных факторов количество «композиционных центров» является одним из главных, обуславливающих степень сложности его структуры. Для наблюдателя весьма важно количество таких точек, их местоположение относительно друг друга, их координаты в пространстве, их порядок и величины степеней динамичности, примыкающих к ним углов. Выявлено, что на оценку сложности структур оказывают влияния как врожденные, так и приобретенные стратегии зрительного восприятия.

В созданной матрице определения сложности структуры формы предложенная формула учитывает значимость «ключа» композиции (области изображения из которой зрительная система начинает его осмотр).

Обобщенная зависимость ощущения степени сложности от множества характеристик структуры наблюдаемого изображения может быть представлена как степенная функция от суммы 12 оптимумов функций ряда наиболее значимых первичных факторов:

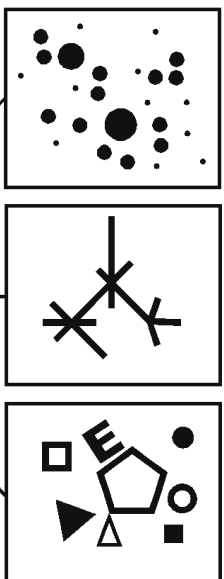
$$C = f(k_1 C_{кл} + k_2 C_v + k_3 C_\delta + k_4 C_n + k_5 C_{pn} + k_6 C_o + k_7 C_{po} + k_8 C_{pэ} + k_9 C_{vэ} + k_{10} C_{vl} + k_{11} C_{pxy} + k_{12} C_c),$$

где коэффициенты  $k_1, k_2 \dots k_{12}$  – вырабатываемые в подсознании автоматические поправки, которые требуются для понимания (восприятия) сути каждого отдельного фактора;  $C$  – локальные значения сложности (например,  $C_{кл}$  – сложность, производная от количества кластеров низшего уровня – в структуре анализируемого элемента высшего уровня).

В итоге была разработана универсальная матрица оценки сложности структуры формы (илл.5).

Факторы сложности	ЭЛЕМЕНТЫ УРОВНЕЙ						
	A	B	C	D	E	F	G
1. Количество кластеров из элементов уровня элемента							
2. Количество композиционных центров							
3. Степень динамичности композиционных центров по биссектрисам углов							
4. Сумма порядков вещественных композиционных центров							
5. Равнообразие порядков вещественных композиционных центров							
6. Количество осей (вещественных и мнимых)							
7. Равнообразие осей (вещественных и мнимых)							
8. Равнообразие элементов контура							
9. Количество центров в верхних квадрантах							
10. Количество центров в левых квадрантах							
11. Количество неравных значений координат композиционных центров							
12. Количество равных значений координат (анализ симметричности)							

Структуры анализируемых изображений



Илл. 5 - Универсальная матрица оценки сложности структуры формы

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проанализированы теоретические, методологические и практические основы анализа структуры формы объектов в зарубежной экспериментальной эстетике, отечественной архитектуре и дизайне конца XIX – начала XX вв. Показано, что в последующие годы проектировщики среды столкнулись с новой парадигмой, связанной с прогрессом информационных технологий. Наука, техника и искусство заговорили на новом едином языке – языке информационных технологий. Внедрение информационных технологий в современное формообразование потребовало создания нового понятийного аппарата, новых алгоритмов работы и новых организаций рационального знания. Сегодня современное художественное проектирование предметной среды развивается по двум направлениям: внедрение экспертных систем в проектные технологии и разработка автоматизированных систем проектирования. В связи с этим нарастает актуальность разработки метода объективного анализа визуальной структуры формы объектов среды, который позволит увидеть по-новому формообразование и эффективнее использовать компьютерные технологии в проектировании объектов дизайна.

2. Предложенный в данной работе метод анализа визуальной структуры формы объектов дизайна среды существенно проще известных методов и не требует большого вычислительного ресурса. Полученные в данной работе результаты открывают возможность создания в ближайшие годы автоматизированной системы проектирования бессмысловых композиций в архитектурно-дизайнерском проектировании. Такая система позволит выполнять рутинные работы по анализу и синтезу композиций, что в конечном итоге существенно облегчит творческий поиск.

3. Разработано четыре алгоритма и программа «Анализатор-М» количественной оценки параметров визуальной структуры формы объектов дизайна среды на основе психофизиологических механизмов зрительного восприятия человека:

– алгоритм №1 для количественной оценки визуальной массы пикселей цветных композиции предметной среды, позволяет дополнить существующие справочники эталонов цветов новой характеристикой « $\mu$ » (визуальная масса) с целью получения новых гармоничных цветовых сочетаний;

– алгоритм №2 для количественной оценки массы всего анализируемого изображения, решает задачу определения центров визуальных масс и определяет место положения осей композиционного равновесия масс;

– алгоритм №3 для количественной оценки многосложных средовых объектов на основе уровневого характера зрительного восприятия предметной среды, позволяет разложить элементы анализируемого изображения на визуально воспринимаемые уровни для организации соподчинения внутри уровней и кластеров (групп элементов) в композициях;

– алгоритм №4 для количественной оценки значений степени динамичности « $\delta$ » и направления вектора динамичности визуальной массы

анализируемого изображения, дает возможность визуализировать видимую и невидимую (полевую) структуру формы объектов предметной среды.

На базе перечисленных алгоритмов создана программа «Анализатор-М» дополняющая метод анализа визуальной структуры формы объектов среды.

4. Предложен перечень факторов, влияющих на оценку сложности структуры формы объектов дизайна предметной среды. Разработана универсальная матрица для анализа сложности структур точечных, линейных, фигурных многоцветных композиций и фигур с разомкнутым контуром. Данная матрица позволяет оптимизировать читабельность визуальных коммуникаций в дизайне среды, может быть положена в основу алгоритма оценки качества формообразования объектов дизайна.

### ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

**Основные положения диссертации изложены в следующих работах:**

**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:**

1. **Мартемьянова Е.А.** «Деятельностный подход как основа разработки теории дизайна» [Текст] // Приволжский научный журнал. - 2014. - № 2 (30). – с. 260 – 263.
2. **Мартемьянова Е.А., Волкодаева И. Б.** «Формирование уровней зрительного восприятия предметно – пространственной среды» [Текст] // Дизайн и технологии. – 2016. – № 51 (93). – с. 111 - 116.
3. **Мартемьянова Е.А., Шаповал А.В.** «Метод количественной оценки системой технического зрения значений интегративных признаков объектов хроматического изображения предметно - пространственной среды» [Текст] // Приволжский научный журнал – 2017. - № 1 (41). – с. 69 – 74.
4. **Мартемьянова Е.А., Тарасова Ю.С., Андреев В.В.** «Прогнозирование распределения визуальной массы доминирующих цветовых сочетаний на основе анализа квазипространственной модели» [Текст] // Научно – технический вестник Поволжья. – 2018. - № 5 – с. 256 – 259.
5. **Мартемьянова Е.А., Шаповал А.В.** «Новые цифровые технологии анализа формы объектов архитектуры и дизайна» [Текст] // Приволжский научный журнал – 2019. - № 1 (49). – с. 140 – 146.

**Публикации в прочих изданиях:**

6. **Мартемьянова Е.А., Шаповал А.В.** «Опыт компьютерного анализа структуры изображений» // «Предметно-пространственная среда - история и современность» Научная конференция. Сборник материалов. – Нижний Новгород, 2010. – с. 45 - 50.
7. **Мартемьянова Е.А.** «Опыт унификации в дизайн – проектировании» // Межвузовский сборник статей лауреатов конкурсов. – Нижний Новгород, 2011. – №13. – с. 126 – 127
8. **Мартемьянова Е.А.** «Дизайн и модернизация» [Текст] // Нижегородская школа дизайна. – Нижний Новгород, 2011. - №2 - с. 14 – 21.
9. **Мартемьянова Е.А.** «Дизайн-деятельность в экономической сфере общества» // Система экономической сферы общества: материалы 15-й Международной Нижегородской Ярмарки идей, 40 Академического

симпозиума. - Нижний Новгород, 2012. - №40 - с. 36 – 38.

10. **Мартемьянова Е.А.** «Ноосферный потенциал дизайна» // Система экологической сферы общества: 16-я Международная Нижегородская Ярмарка идей, 41 Академического симпозиума. – Нижний Новгород, 2013. – №41 – с. 52 – 54.

11. **Мартемьянова Е.А.** «Особенности восприятия структуры изображения в теории формальной и теории ассоциативной композиции» // Психологическая наука и практика: проблемы и перспективы: материалы IV Международной научно – практической конференции – Нижний Новгород, 2014. – с. 127 – 132.

12. **Мартемьянова Е.А.** «Разработка количественной оценки степени динамичности форм элементов Арктической среды» // «Основные проблемы гуманитарных наук», / Сборник научных трудов по итогам международной научно – практической конференции. № 2. - Волгоград, 2015. - с. 12 – 14.

13. **Мартемьянова Е.А., Шаповал А.В.** «Зрительная оценка контура объекта» // Психологическая наука и практика: проблемы и перспективы. Материалы V научно – практической конференции: сборник трудов – Н. Новгород, 2016. – с. 138 – 141.

14. **Мартемьянова Е.А.** «Разработка компьютерных методов анализа композиционных структур элементов предметной среды» [Текст] // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Ступени – 2017». – 2017. – с. 207 – 214.

15. **Мартемьянова Е.А., Волкодаева И. Б.** «Глоссарий средового дизайна» // Учебное пособие. – Москва, 2017. – с. 182.

16. **Мартемьянова Е.А., Шаповал А.В.** «Новое в анализе формы визуально воспринимаемых объектов» // Новые технологии. Том 3. – Материалы XV Всероссийской конференции. – Миасс, 2018. – с. 60 – 69.