

В исследовании анализируется влияние структурированной методологии контрастного зонирования HSB на процесс принятия решений в области цветового дизайна студентами бакалавриата по специальностям «Цифровые медиа» и «Графический дизайн». В результате применения квазиэкспериментального дизайна «до-после» в течение шести семестров (количество участников ≈ 100) наблюдалось значительное улучшение в области цветовой гармонии, управления контрастом и технического исполнения. Полученные данные подтверждают, что контрастное зонирование по модели HSB является воспроизводимой учебной моделью, объединяющей техническую точность и глубину восприятия области цифрового дизайна.

Ключевые слова: методология цифрового цвета; контрастное зонирование по HSB; обучение визуальному дизайну; мультимедийный дизайн; теория цвета. /

This study examines the impact of a structured HSB contrast zoning methodology on undergraduate digital media and graphic design students' color decision-making. Using a quasi-experimental pre-post design across six semesters (n≈100), results demonstrated significant gains in color harmony, contrast control, and technical execution. Students also developed stronger design reasoning and creative autonomy. Findings support HSB contrast zoning as a replicable instructional framework bridging technical precision and perceptual depth in digital design education.

Keywords: digital color methodology; HSB contrast zoning; visual design instruction; multimedia design; color theory.

Контрастное зонирование по модели HSB в обучении цифровому цвету / HSB-Contrast Zoning in Digital Color Instruction

текст

Ахмад Мурад
Амманский университет
Аль-Ахлия (Иордания)

text

Ahmad Murad
Al-Ahliyyah Amman
University (Jordan)

Введение

Цвет – это нечто большее, чем просто визуальное явление; он выступает в качестве перцептивного, эмоционального и символического языка, неотъемлемой части художественной практики, научных исследований и культурной коммуникации. Исторически к цвету подходили как с физической, так и с эмпирической точек зрения – от ранних примеров его использования в искусстве до основополагающих теорий, описывающих оптические и перцептивные аспекты цвета. Эти две перспективы – научная и субъективная – на протяжении веков формировали дискурс о цвете и его визуальном значении (van Leeuwen, 2011). В XX веке такие педагоги, как Йозеф Альберс, воплотили эти идеи в педагогическую практику, сделав акцент на опытно-экспериментальном обучении при помощи непосредственного взаимодействия с пигментом, поверхностью и взаимосвязанными цветовыми эффектами. В рамках этой традиционной парадигмы обучение теории цвета опиралось на тактильные эксперименты и перцептивное наблюдение, способствуя интуитивному пониманию через неавтоматизированные процессы (Albers, 2006).

Переход от аналоговых к цифровым носителям кардинально изменил эту область исследования. В современных средах дизайна цвет моделируется с помощью числовых систем, таких как RGB, CMYK и HSB, в которых оттенки, насыщенность и яркость определяются параметрическими значениями, а не физическими свойствами материалов. Цвет, когда-то ограниченный материальными рамками, стал модульным, воспроизводимым и оптимизированным для экранных приложений и обеспечения кроссплатформенной согласованности (Kress & van Leeuwen, 2006). Хотя цифровые инструменты обеспечивают беспрецедентную точность и гибкость, они также создают определенные педагогические проблемы. Абстрактный характер цифровых интерфейсов может отдалять учащихся от восприятия на уровне чувств и понимания взаимосвязей, что зачастую приводит к применению метода проб и ошибок или к использованию стандартных палитр вместо осознанного подхода к выбору цвета.

Поскольку обучение мультимедиа и графическому дизайну все чаще осуществляется в рамках полно-

стью цифровых рабочих процессов, возникает важный педагогический вопрос: как преподавание теории цвета может адаптироваться к компьютерной среде, сохранив при этом глубину восприятия, когнитивную структуру и творческую свободу? В данном исследовании рассматривается эта проблема путем анализа педагогического эффекта перехода от ручного к структурированному цифровому обучению теории цвета в рамках учебной программы по графическому дизайну.

В частности, в рамках исследования рассматривается методология, основанная на контрастном зонировании по модели HSB, которая позволяет систематизировать выбор цветовых решений посредством целенаправленной модуляции зон яркости и насыщенности. В ходе исследования изучается, как этот структурированный цифровой подход влияет на технические навыки студентов, их способность к дизайнерскому мышлению и метакогнитивное развитие на протяжении шести семестров внедрения. При этом делается попытка соединить устоявшиеся принципы теории цвета с практическими требованиями современного образования в области цифрового дизайна.

Исследовательские вопросы и гипотезы

В основе данного исследования лежат следующие исследовательские вопросы:

Вопрос 1. Насколько цветовая модель HSB способствует улучшению навыков управления контрастом, цветовой гармонии и технического исполнения у учащихся при сравнении заданий, выполненных до и после внедрения метода?

Вопрос 2. Каким образом структурированная цифровая методология способствует развитию метакогнитивных компетенций, в частности навыков планирования, контроля и самооценки при решении дизайнерских задач, связанных с цветом?

Вопрос 3. Каким образом данная методология способствует развитию творческой самостоятельности и принятию стратегических решений в области цветового решения, что находит отражение в работах студентов и наблюдениях в мастерской?

На основе теоретических основ обучения цветовому восприятию, когнитивной обработки информации

Introduction

Color is more than a visual phenomenon; it functions as a perceptual, emotional, and symbolic language embedded within artistic practice, scientific inquiry, and cultural communication. Historically, color has been approached through both physical and experiential lenses, from early material applications in art to foundational theories that articulated the optical and perceptual dimensions of color. These dual perspectives – scientific and subjective – have shaped centuries of discourse on color and visual meaning (van Leeuwen, 2011). In the twentieth century, educators such as Josef Albers translated these ideas into pedagogical practice, emphasizing experiential learning through direct interaction with pigment, surface, and relational color effects. Within this traditional paradigm, color theory education relied on tactile experimentation and perceptual observation, fostering intuitive understanding through manual processes (Albers, 2006).

The transition from analogue to digital media has fundamentally reshaped this landscape. Contemporary design environments construct color through numerical systems such as RGB, CMYK, and HSB, where hue, saturation, and brightness are defined by

parameterized values rather than physical substances. Color, once bound to material constraints, has become modular, reproducible, and optimized for screen-based applications and cross-platform consistency (Kress & van Leeuwen, 2006). While digital tools offer unprecedented precision and flexibility, they also introduce pedagogical challenges. The abstraction of digital interfaces can distance learners from perceptual engagement and relational understanding, often encouraging trial-and-error approaches or reliance on default palettes rather than intentional color reasoning.

As multimedia and graphic design education increasingly operates within fully digital workflows, a central pedagogical question emerges: how can color theory instruction adapt to computational environments while preserving perceptual depth, cognitive structure, and creative agency? This study addresses this problem by investigating the pedagogical impact of transitioning from manual to structured digital color instruction within a graphic design curriculum.

Specifically, the research examines a methodology based on HSB contrast zoning, which organizes color decisions through deliberate modulation of brightness and saturation zones. The

и дизайнерского образования были сформулированы следующие гипотезы:

1. Показатели по критерию «Контраст» после вмешательства будут значительно выше, чем до вмешательства.
2. Показатели по критерию «Цветовая гармония» после вмешательства будут значительно выше, чем до вмешательства.
3. Показатели по критерию «Техническое исполнение» после вмешательства будут значительно выше, чем до вмешательства.
4. Общие результаты по шкале оценки продемонстрируют высокий коэффициент эффекта ($d \text{ Козна} \geq 0,80$) в пользу результатов после вмешательства.

Вклад исследования

Вклад данного исследования состоит из трех аспектов.

Во-первых, в нем установлены принципы теории цвета, уходящие корнями в традиции Шевреля, Иттена и Альберса, воплощаются в виде структурированной и воспроизводимой методической модели («контрастное зонирование по HSB»), приспособленной к условиям цифрового дизайна на экране. Вклад заключается не в новых теоретических принципах, а в их систематическом воплощении в виде правил принятия решений, применимых в современных цифровых рабочих процессах.

Во-вторых, благодаря квазиэкспериментальному дизайну с контрольной группой «до-после», охватывающему шесть семестров, исследование предоставляет эмпирические данные, в настоящее время практически отсутствующие в литературе, о том, что структурированная цифровая система работы с цветом значительно улучшает технические навыки, ясность концептуального мышления, стратегическое мышление и творческую самостоятельность у студентов-первокурсников факультета дизайна. Это позволяет восполнить конкретный пробел: хотя теория цвета и преподавание дизайна хорошо проработаны с теоретической точки зрения, количество контролируемых исследований в области обучения в рамках полностью цифровых рабочих процессов по-прежнему ограничено.

В-третьих, в ней предлагается универсальная учебная концепция, применимая в различных областях дизайна, включая мультимедиа, дизайн интерфейсов и упаков-

ку. Концепция предоставляет преподавателям дизайна воспроизводимую модель, совместимую с современной цифровой практикой и адаптируемую к новым рабочим процессам, основанным на использовании искусственного интеллекта.

Методология

В данном исследовании используется смешанный метод для анализа перехода курса по теории цвета с традиционного очного обучения на структурированное цифровое обучение в рамках учебной программы по графическому дизайну. В течение шести семестров в исследовании приняли участие около 100 студентов первого курса, обучающихся на вводном курсе по графическому дизайну, что позволило проанализировать как количественные показатели улучшения результатов, так и качественные изменения в когнитивном и перцептивном восприятии цвета.

В начале курса студенты выполнили диагностическое проектное задание, а в конце семестра – аналогичное задание после применения в программе Adobe Illustrator структурированной методологии цветового проектирования на основе модели HSB. Эти работы, выполненные до и после обучения, оценивались с помощью таблиц для количественной оценки прогресса. Параллельно с этим проводился сбор качественных данных посредством наблюдений за работой в студии, анализа студенческих работ и рефлексивных отчетов, чтобы зафиксировать изменения в уровне осознанности, принятия решений и творческой самостоятельности.

В методике обучения особое внимание уделялось целенаправленному регулированию яркости и насыщенности с целью выделения зон с высоким, средним и низким контрастом при сохранении цветовой согласованности. Такой структурированный подход обеспечил воспроизводимую систему построения контраста, визуальной иерархии и управления тональностью. Данные были подвергнуты триангуляции и интерпретированы с помощью как статистического, так и тематического анализа, что укрепило внутреннюю согласованность полученных результатов.

study explores how this structured digital approach influences students' technical performance, design reasoning, and metacognitive development across six semesters of implementation, seeking to connect established color theory principles with the practical demands of contemporary digital design education.

Research Questions and Hypotheses

This study is guided by the following research questions:

RQ1. To what extent does the HSB contrast zoning methodology improve students' contrast control, color harmony, and technical execution between pre- and post-intervention tasks?

RQ2. How does the structured digital methodology support the development of metacognitive competencies, particularly planning, monitoring, and evaluative awareness in color-related design tasks?

RQ3. In what ways does the methodology foster creative autonomy and strategic color decision-making, as reflected in student work and studio observations?

Based on the theoretical foundations of color instruction, cognitive processing, and design education, the following hypotheses were formulated:

H1. Post-intervention scores in contrast control will be significantly higher than pre-intervention scores.

H2. Post-intervention scores in color harmony will be significantly higher than pre-intervention scores.

H3. Post-intervention scores in technical execution will be significantly higher than pre-intervention scores.

H4. Overall rubric performance will demonstrate a large positive effect size (Cohen's $d \geq 0.80$) in favor of post-intervention results.

Statement of Contribution

The contribution of this study is threefold.

First, it operationalizes established color theory principles – rooted in the traditions of Chevreul, Itten, and Albers – into a structured, replicable instructional framework (HSB contrast zoning) suited to screen-based digital design environments. The contribution lies not in new theoretical principles, but in their systematic translation into decision rules applicable within contemporary digital workflows.

Second, through a quasi-experimental pre–post design across six semesters, the study provides empirical evidence – currently scarce in the literature – that a structured digital color framework

Этические аспекты

Всем участвующим студентам в начале курса были разъяснены цели исследования, и они дали согласие на анализ своих работ в анонимной форме в исследовательских целях. Участие в исследовании не влияло на оценки по курсу, а личность студентов была защищена с помощью кодированных идентификаторов. Внешние эксперты оценивали только анонимные образцы, чтобы обеспечить конфиденциальность. Эти процедуры соответствуют установленным этическим принципам проведения исследований в сфере образования и гарантируют уважение частной жизни участников, их прав и добровольность участия.

План исследования

В исследовании использовался квазиэкспериментальный дизайн «до-после», в рамках которого одна и та же группа учащихся оценивалась до и после проведения учебного вмешательства. Отсутствие контрольной группы было сознательным дизайнерским решением, обусловленным как этическими, так и практическим соображениями: отказ от структурированного подхода к обучению в одной группе при его применении к другой в рамках одной и той же программы привел бы к неравноправным условиям обучения. Такое обоснование соответствует устоявшейся практике в области образовательных исследований, где квазиэкспериментальные внутригрупповые дизайны считаются уместными в тех случаях, когда случайное распределение является невыполнимым с этической или логистической точки зрения (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Чтобы частично компенсировать отсутствие контрольной группы, в рамках исследования экспериментальная программа была повторена для шести независимых групп студентов, обучавшихся в течение одного семестра. Стабильность результатов по всем этим группам, каждая из которых представляла отдельную группу студентов, обучавшихся в сопоставимых, но не идентичных условиях, укрепляет внутреннюю достоверность полученных выводов в большей степени, чем это было бы возможно при использовании дизайна исследования с одной группой и измерением результатов до и после обучения. Около 100 студентов первого

курса, зачисленных на вводный курс по теории цифрового цвета, участвовали в исследовании в течение шести семестров, предоставив достаточно данных для отражения как индивидуального прогресса, так и тенденций на уровне когорты. Участники не имели предварительной формальной подготовки в области цифровых цветовых систем, что делает наблюдаемые базовые результаты согласующимися с ожидаемыми показателями начального уровня на данном этапе обучения.

Критерии оценки

Работы студентов оценивались с помощью четырехкомпонентной шкалы:

(1) Цветовая гармония – согласованность и целостность оттенков в композиции.

(2) Регулировка контрастности – эффективное использование зон яркости и насыщенности для создания визуальной иерархии.

(3) Техническое исполнение – точность работы с цифровыми данными, аккуратность результата и правильное использование программных инструментов.

(4) Творческая интеграция – степень, в которой выбор цветовой гаммы способствовал раскрытию сюжета, созданию настроения и принятию стратегических решений.

Каждый показатель оценивался по пятибалльной шкале (1 = слабо, 5 = отлично). Данная шкала оценивания прошла пилотное тестирование в предыдущих семестрах, была постепенно доработана и проанализирована двумя приглашенными преподавателями, специализирующимися в области дизайна.

Валидность и достоверность

Для обеспечения валидности инструмента пункты оценочной шкалы были приведены в соответствие с общепринятыми принципами преподавания теории цвета и сопоставлены с имеющейся литературой. Надежность проверялась путем оценки межэкспертного согласия: три независимых рецензента оценивали анонимизированные образцы работ студентов. Степень согласия рассчитывалась с помощью коэффициента каппа Козна, который во всех четырех категориях давал значения выше 0,80, что свидетельствует о высокой надежности. Внутренняя согласованность оценок по шкале также оценивалась

significantly improves technical performance, conceptual clarity, strategic reasoning, and creative autonomy among first-year undergraduate design students. This addresses a specific gap: while color theory and design instruction are well-theorized, controlled instructional studies within fully digital workflows remain limited.

Third, it proposes a transferable instructional framework applicable across multiple design domains – including multimedia, interface design, and packaging – offering design educators a replicable model compatible with contemporary digital practice and adaptable to emerging AI-assisted design workflows.

Methodology

This study adopts a mixed-methods design to examine the instructional impact of transitioning a color theory course from manual to structured digital instruction within a graphic design curriculum. Across six semesters, approximately 100 first-year undergraduate students enrolled in an introductory graphic design course participated, enabling analysis of both measurable performance gains and qualitative shifts in cognitive and perceptual engagement with color.

Students completed a diagnostic design task at the beginning of the course and a parallel task at the end of the semester after applying the structured HSB-based color methodology in Adobe Illustrator. These pre- and post-intervention works were evaluated using performance rubrics to quantify development. In parallel, qualitative data were collected through studio observations, student artifacts, and reflective narratives to capture changes in awareness, decision-making, and creative autonomy.

The instructional methodology emphasized intentional modulation of brightness and saturation to establish high, medium, and low contrast zones while maintaining hue coherence. This structured approach provided a replicable system for contrast construction, visual hierarchy, and tonal control. Data were triangulated and interpreted through both statistical and thematic analyses, strengthening the internal consistency of the findings.

Ethical Considerations

All participating students were informed of the study objectives at the beginning of the course and provided consent for their anonymized work to be analyzed for research purposes. Participation had no influence on course grading, and student identities were

с помощью коэффициента альфа Кронбаха ($\alpha = 0,86$), что подтверждает высокий уровень надежности.

Статистический анализ

Количественные данные, полученные по шкале оценки, анализировались с помощью t-критерия для сопоставимых выборок с целью сравнения результатов до и после вмешательства по всем четырём категориям. Величина эффекта рассчитывалась с помощью коэффициента d Козна с 95% доверительным интервалом. Кроме того, для обеспечения прозрачности были представлены данные описательной статистики (средние значения, стандартные отклонения и показатели прироста). Такой статистический подход позволил получить как доказательств значимости, так и оценку масштаба изменений. Во всех тестах использовался уровень значимости $\alpha = 0,05$ (двусторонний). В целях прозрачности мы приводим величину эффекта (коэффициент d Козна для парных дизайнов) и 95% доверительные интервалы для средних показателей прироста.

Обзор литературы

Эволюция теории цвета от практики использования пигментов до цифровой сферы отражает более широкое преобразования в области дизайна, обусловленные технологическими изменениями. Классические основы теории цвета делали акцент на перцептивных взаимосвязях, символическом значении и практическом взаимодействии с материальными носителями (van Leeuwen, 2011). В рамках этой традиции педагогические модели, например, те, что были сформулированы Йозефом Альберсом, рассматривали изучение цвета как практический и реляционный процесс, основанный на восприятии, взаимодействии и визуальном сравнении (Albers, 2006).

Переход дизайнерской практики в цифровую среду коренным образом изменил эту сферу. В современных рабочих процессах цвет моделируется с помощью числовых систем, таких как HSB, RGB и CMYK, где точность, согласованность и воспроизводимость определяют как профессиональную практику, так и образовательный контекст (Kress & van Leeuwen, 2006). В результате учащиеся все чаще сталкиваются с цветом через элементы управления интерфейса, а не через непосредственное

взаимодействие с материалами. Это меняет характер усвоения и понимания перцептивных связей. Такое изменение требует новых форм когнитивной и перцептивной медиации, способных преобразовывать числовые системы в осмысленные визуальные представления (Kress & van Leeuwen, 2006).

В сфере образования в области мультимедиа и графического дизайна эта трансформация совпала с более широким педагогическим движением, направленным на отход от обучения, ориентированного на конечный результат, к моделям обучения, ориентированным на процесс, в которых особое внимание уделяется итерации, рефлексии и конструированию знаний (Laurillard, 2012). В этих рамках теория цвета выступает не только в качестве технических знаний, но и в качестве основы для развития дизайнерских компетенций более высокого уровня, включая визуальное мышление, принятие стратегических решений и рефлексивное суждение (Schön, 1983).

Цифровые учебные среды открывают в этом отношении особые возможности. При использовании в рамках педагогически структурированных контекстов цифровые инструменты позволяют проводить быстрые эксперименты, систематически тестировать визуальные параметры и постепенно совершенствовать дизайнерские решения (Mayer, 2020). Однако ученые также предупреждают, что обучение с использованием цифровых технологий может привести к ослаблению перцептивной вовлеченности, если процесс обучения станет чрезмерно техническим или будет полностью подчиняться программному обеспечению. Таким образом, для эффективной цветовой педагогики необходимы учебные структуры, которые объединяют вычислительную точность с перцептивными целями и визуальным смыслом, а не полагаются исключительно на стандартные интерфейсные конвенции (Kress & van Leeuwen, 2006).

Несмотря на обширные научные исследования в области теории цвета и преподавания дизайна, сравнительно мало внимания уделяется структурированным методам работы с цифровым цветом как средствам развития дизайнерских компетенций высокого уровня в условиях реальной учебной деятельности. Большая часть литературы посвящена либо эстетическим принципам, либо общим процессам проектирования, не уточняя, как можно

protected through coded identifiers. External reviewers evaluated only anonymized samples to ensure confidentiality. These procedures align with established ethical guidelines for educational research and ensure respect for participant privacy, rights, and voluntary involvement.

Research Design

The study employed a quasi-experimental pre–post design in which the same cohort of students was evaluated before and after the instructional intervention. The absence of a control group was a deliberate design decision reflecting both ethical and practical constraints: withholding a structured instructional approach from one cohort while applying it to another within the same program would have introduced inequitable learning conditions. This rationale is consistent with established practice in educational research, where quasi-experimental within-group designs are considered appropriate when random assignment is ethically or logistically unfeasible (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). To partially compensate for the absence of a control group, the study replicated the intervention across six independent semester cohorts. Consistency of gains across these cohorts – each

representing a distinct group of students under comparable but non-identical conditions – strengthens the internal plausibility of the findings beyond what a single-cohort pre–post design would permit. Approximately 100 first-year undergraduate students enrolled in an introductory digital color theory course participated across six semesters, providing sufficient data to capture both individual progression and cohort-level trends. Participants had no prior formal training in digital color systems, making the observed baseline scores consistent with expected entry-level performance at this stage of study.

Assessment Rubric

Student work was evaluated using a four-dimensional rubric designed to assess:

- (1) Color Harmony – consistency and coherence of hues within a composition.
- (2) Contrast Control – effective use of brightness and saturation zones to establish visual hierarchy.
- (3) Technical Execution – accuracy of digital manipulation, cleanliness of output, and proper use of software tools.

систематизировать цифровые рабочие процессы с цветом для развития глубины восприятия, стратегического мышления и рефлексивной практики. Данное исследование восполняет этот пробел, оценивая структурированную методологию зонирования контрастов на основе HSB, которая связывает числовые цветовые системы с когнитивной организацией и дизайнерским мышлением в реальных условиях обучения.

Важно рассмотреть зонирование по контрасту HSB в контексте более широкой истории теории цвета, чтобы прояснить его особый вклад. Классическая цветовая наука – от закона одновременного контраста Шевреля (Chevreul, 1839/1987) до экспериментов по восприятию цвета, проводившихся Иттенom и Кандинским в школах Баухаус и ВХУТЕМАС в 1920-е годы, – заложила основополагающие принципы цветовой гармонии, одновременного контраста и эмоционального оттенка, которые по-прежнему оказывают значительное влияние (Poling, 1982; Itten, 1973; Matyushin, 2007). Эти традиции сочетали интуитивные, эмоционально обусловленные подходы с системами, основанными на правилах и вытекающими из перцептивных наблюдений. Совсем недавно Фэйрчайлд (2013) продемонстрировал, что цифровые цветовые модели – будь то кубические (RGB), сферические (HSB)

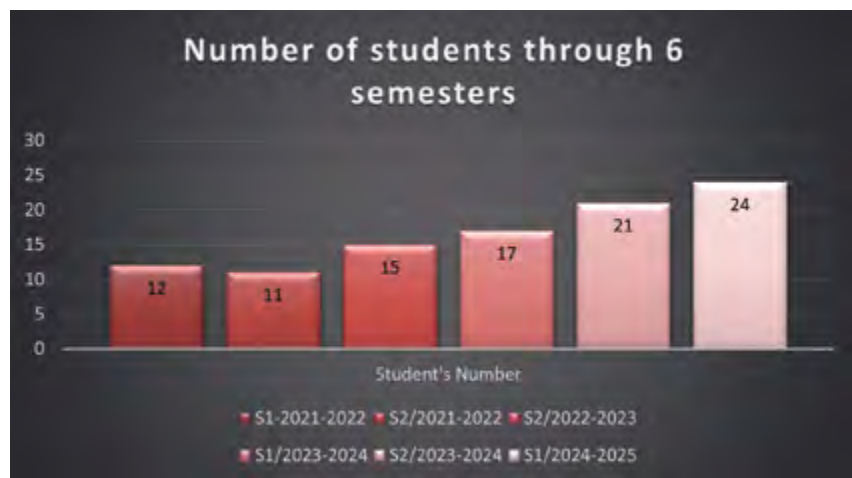
или биконические – с вычислительной точки зрения являются продолжением этих классических подходов, кодируя аналогичные взаимосвязи с помощью алгоритмической точности, а не заменяя их. Зонирование контраста по HSB не претендует на то, чтобы заменить эти традиции. Скорее, его вклад носит дидактический и эмпирический характер: оно воплощает их основные принципы в явную, структурированную систему принятия решений, разработанную для студентов первого курса, которые сталкиваются с цветом исключительно через числовые цифровые интерфейсы – контекст, для которого методы Баухауса и ВХУТЕМАСа, основанные на физических пигментах и тактильных экспериментах, не были ни разработаны, ни проверены. Существующая литература по преподаванию цвета, хотя и богата теоретическими обоснованиями, предлагает ограниченные эмпирические данные о том, что структурированные цифровые рабочие процессы улучшают измеримые результаты у студентов с таким конкретным профилем. Данное исследование напрямую устраняет этот пробел, предоставляя данные, собранные в течение шести семестров до и после обучения, которые демонстрируют, что экстернализация логики контраста посредством зон яркости и насыщенности приводит к значительным и воспроизводимым улучшениям как в техническом исполнении, так и в дизайнерском мышлении более высокого порядка.

Теоретическое основание и концептуальный подход

Рассматриваемая в данном исследовании учебная модель основана на трех взаимосвязанных теоретических подходах: теории когнитивной обработки, метакогнитивной теории и теории когнитивной нагрузки.

С точки зрения когнитивной обработки информации структурированное использование значений HSB и зонирование по контрасту предоставляет учащимся организованную структуру для кодирования и управления визуальной информацией. Фундаментальные модели обработки информации подчеркивают, что структурированный ввод информации снижает неоднозначность и способствует запоминанию, позволяя учащимся организовывать перцептивные стимулы в связанные ментальные представления (Mayer, 2020). Разделяя выбор цвета на систематические зоны яркости и насыщенности,

в Рис. 1. Распределение числа участвующих студентов по шести семестрам в течение периода исследования / Fig. 1. Student enrollment distribution across six semesters during the study period



(4) Creative Integration – the extent to which color choices supported narrative intent, mood, and strategic decision-making.

Each dimension was rated on a five-point scale (1 = weak, 5 = excellent). The rubric was piloted in earlier semesters, refined iteratively, and reviewed by two external faculty members with expertise in design education.

Validity and Reliability

To ensure the validity of the instrument, the rubric items were aligned with established principles of color theory instruction and reviewed against existing literature. Reliability was tested through inter-rater agreement, with three independent reviewers evaluating anonymized samples of student work. Agreement was calculated using Cohen's kappa, which yielded values above 0.80 across all four categories, indicating strong reliability. Internal consistency of rubric scores was also assessed using Cronbach's alpha ($\alpha = 0.86$), demonstrating high reliability.

Statistical Analysis

Quantitative data from the rubric were analyzed using paired-sample t-tests to compare pre- and post-intervention scores across

all four categories. Effect sizes were calculated using Cohen's d with 95% confidence intervals. In addition, descriptive statistics (means, standard deviations, and gain scores) were reported for transparency. This statistical approach provided both evidence of significance and the magnitude of change. All tests used $\alpha = .05$ (two-tailed). For transparency, we report effect sizes (Cohen's d for paired designs) and 95% confidence intervals for mean gains.

Literature Review

The evolution of color theory from pigment-based practice to a digital domain reflects broader transformations in design education driven by technological change. Classical foundations of color theory emphasized perceptual relationships, symbolic meaning, and experiential interaction with material media (van Leeuwen, 2011). Within this tradition, pedagogical models such as those articulated by Josef Albers positioned color learning as an experiential and relational process grounded in perception, interaction, and visual comparison (Albers, 2006).

The migration of design practice into digital environments has fundamentally reshaped this landscape. In contemporary workflows, color is constructed through numerical systems such as HSB,

данная методология проявляет визуальные взаимосвязи, которые в противном случае могли бы остаться неявными или интуитивными.

В исследовании также используются положения метакогнитивной теории, в частности, процессы планирования, самоконтроля и оценки. Метакогнитивные модели подчеркивают, что эффективное обучение включает в себя не только выполнение задач, но и сознательное регулирование когнитивной деятельности (Flavell, 1979). В рамках предлагаемой методологии от студентов требуется целенаправленно определять зоны контраста, формулировать обоснования дизайнерских решений и оценивать визуальные результаты. Такая концептуальная основа позиционирует выбор цвета как явные стратегические действия и увязывает структурированную практику работы с цветом в цифровой среде с рефлексивным дизайнерским мышлением (Schön, 1983).

Кроме того, данная концепция опирается на теорию когнитивной нагрузки, которая рассматривает взаимосвязь между объемом рабочей памяти и проектированием учебного процесса. Неструктурированное изучение цвета часто сопряжено с высокой внутренней и внешней когнитивной нагрузкой из-за неопределенности, повторяющихся циклов проб и конкурирующих перцептивных переменных. Учебные модели, основанные на теории когнитивной нагрузки, предполагают, что грамотно разработанные опоры могут снизить ненужную умственную нагрузку и высвободить когнитивные ресурсы для мышления более высокого порядка (Sweller, 1988). Предоставляя четкие правила для организации контрастов, зонирование на основе HSB функционирует как когнитивная опора, которая поддерживает ясность восприятия и одновременно способствует творческому исследованию.

В совокупности эти точки зрения позиционируют контрастное зонирование HSB как практическую учебную стратегию и теоретически обоснованную педагогическую модель. Данный подход помогает учащимся справляться с визуальной сложностью, одновременно развивая рефлексивное осознание и стратегический контроль, согласовывая структурированную цифровую педагогику цвета с современными представлениями о том, как приобретаются и регулируются знания в области дизайна.

Результаты

Результаты исследования показывают четкую и последовательную динамику улучшения как по количественным, так и по качественным показателям, что подтверждает эффективность структурированной методологии контрастного зонирования HSB. Данный раздел начинается с обзора выборки исследования и распределения участников по семестрам, после чего приводятся количественные показатели успеваемости и результаты качественного анализа работ и размышлений студентов.

Результаты количественного анализа свидетельствуют о значительном повышении эффективности по всем критериям оценки после внедрения структурированной цветовой методологии, основанной на модели HSB.

В таблице 1 приведены итоги оценки по шкале до и после проведения учебного вмешательства по четырем оцениваемым параметрам. Исходные диагностические задания показали низкий исходный уровень результативности ($M = 48\%$), что свидетельствовало об интуитивном использовании цвета и повторяющихся трудностях в управлении контрастом и тональной организации. После проведения учебного вмешательства средний балл по итогам задания вырос до 86%, причем наиболее заметные улучшения были отмечены в категориях «Контроль контраста» (+43%) и «Техническое исполнение» (+38%). Эти результаты свидетельствуют не только об улучшении визуальных результатов, но и о повышении точности, последовательности и стратегического контроля в решениях учащихся при работе с цветом в цифровой среде.

в Таблица 1. Средние значения до и после (%) по параметрам оценочной шкалы ($n \approx 100$). Примечание: прирост = показатель после – показатель до в процентных пунктах (п.п.) / Table 1. Pre-post means (%) by rubric dimension ($n \approx 100$). Note: Improvement = Post – Pre in percentage points (pp)

Категория / Category	Показатель до (%) / Pre Score (%)	Показатель после (%) / Post Score (%)	Прирост (pp) / Gain (pp)
Цветовая гармония / Color Harmony	52%	84%	+32%
Контроль контраста / Contrast Control	45%	88%	+43%
Техническое исполнение / Technical Execution	49%	87%	+38%
Творческая интеграция / Creative Integration	46%	85%	+39%

RGB, and CMYK, where precision, consistency, and repeatability define both professional practice and educational contexts (Kress & van Leeuwen, 2006). As a result, students increasingly encounter color through interface-based controls rather than through direct material manipulation, which alters how perceptual relationships are learned and understood. This shift requires new forms of cognitive and perceptual mediation that can translate numeric systems into meaningful visual reasoning (Kress & van Leeuwen, 2006).

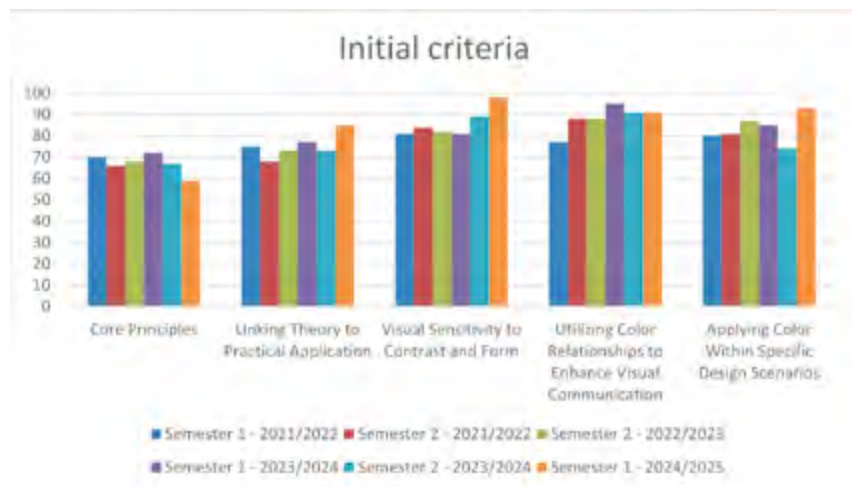
Within multimedia and graphic design education, this transformation has coincided with a broader pedagogical movement away from product-centered instruction toward process-oriented learning models that emphasize iteration, reflection, and knowledge construction (Laurillard, 2012). In this framework, color theory functions not only as technical knowledge but also as a site for developing higher-order design competencies, including visual reasoning, strategic decision-making, and reflective judgment (Schön, 1983).

Digital learning environments offer distinctive affordances in this regard. When embedded within pedagogically structured contexts, digital tools can support rapid experimentation, systematic

testing of visual variables, and iterative refinement of design decisions (Mayer, 2020). However, scholars also caution that digitally mediated instruction risks weakening perceptual engagement if learning becomes overly procedural or software-driven. Effective color pedagogy therefore requires instructional structures that connect computational precision with perceptual goals and visual meaning, rather than defaulting to interface conventions alone (Kress & van Leeuwen, 2006).

Despite extensive scholarship on color theory and design instruction, comparatively limited empirical attention has been given to structured digital color methodologies as vehicles for developing higher-order design competencies within authentic classroom settings. Much of the literature addresses either aesthetic principles or general design processes, without specifying how digital color workflows can be systematized to support perceptual depth, strategic reasoning, and reflective practice. This study responds to that gap by evaluating a structured HSB-based contrast zoning methodology that links numeric color systems with cognitive organization and design reasoning in a real instructional context.

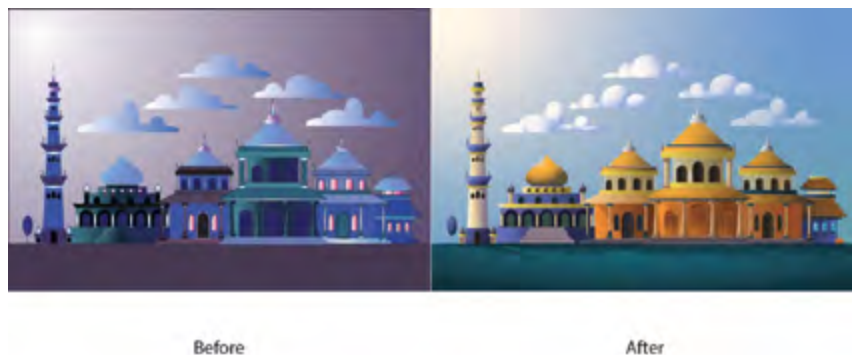
в Рис. 2. Средние оценки по критериям оценочной шкалы за шесть семестров /
Fig. 2. Average rubric scores by criterion across six semesters



На рис. 2 показано устойчивое повышение средних оценок по шкале в течение шести семестров. Стабильность восходящих тенденций во всех группах свидетельствует о том, что наблюдаемое улучшение результатов не было ограничено одной группой, а повторялось при многократном применении данного метода обучения, что подтверждает методологическую стабильность структурированного подхода.

На рис. 3 исходная композиция («До») демонстрирует ограниченную тональную вариативность: аналогичные

в Рис. 3. До и после применения структурированной методологии работы с цифровым цветом / Fig. 3. Before and after application of the structured digital color methodology



оттенки фиолетового и синего создают минимальное разделение между архитектурными элементами и фоном, что приводит к выравниванию иерархии. После применения метода контрастного зонирования на основе HSB фокусные элементы становятся более выразительными за счет целенаправленного изменения яркости и насыщенности при сохранении гармонии оттенков. Теплые тона основных сооружений контрастируют с более холодными градиентами фона, что усиливает ощущение глубины, направляет внимание и усиливает задуманную атмосферу.

На рис. 4 показано, как зонирование по контрасту улучшило интерфейс информационной панели. В версии «До» чрезмерное использование насыщенных красных оттенков и резких градиентов создавало визуальный шум, ухудшало читаемость и ослабляло функциональную иерархию. В версии «После» контролируемая модуляция яркости и насыщенности обеспечивает более четкое разделение областей контента при сохранении гармонии оттенков. Более холодные, ненасыщенные фоны способствуют читаемости, а акцентные цвета используются только для элементов, требующих взаимодействия, что улучшает направление внимания и общее удобство использования.

На рис. 5 продемонстрировано улучшение цветовой согласованности упаковки после применения структурированной методологии. В варианте «До» высоконасыщенные, несогласованные цвета создавали визуальное напряжение, снижали читаемость и ослабляли целостность бренда. В варианте «После» зонирование контрастов на основе модели HSB позволило создать более гармоничную палитру с умеренной насыщенностью и стратегическими контрастами «теплых» и «холодных» оттенков, что улучшило иерархию, читаемость и эстетическую целостность.

Помимо визуального совершенствования качественные данные выявили существенные когнитивные и поведенческие изменения. Студенты отмечали, что структурированная шкала яркости и насыщенности (HSB) обеспечивала конкретную основу для понимания контраста и тональных взаимосвязей, что позволяло меньше полагаться на интуицию и метод проб и ошибок. Эта концептуальная опора нашла отражение в способно-

It is important to situate HSB contrast zoning within the broader history of color theory to clarify its distinct contribution. Classical color science, from Chevreul's law of simultaneous contrast (Chevreul, 1839/1987) to the perceptual experiments of Itten and Kandinsky at the Bauhaus and VKHUTEMAS schools of the 1920s, established foundational principles of color harmony, simultaneous contrast, and emotional tone that remain influential (Poling, 1982; Itten, 1973; Matyushin, 2007). These traditions balanced intuitive, emotionally-driven approaches with rule-based systems derived from perceptual observation. More recently, Fairchild (2013) demonstrated that digital color models – whether cubic (RGB), spherical (HSB), or biconic – are in computational terms continuations of these classical frameworks, encoding analogous relationships through algorithmic precision rather than replacing them. HSB contrast zoning does not claim to supersede these traditions. Rather, its contribution is instructional and empirical: it operationalizes their core principles into an explicit, structured decision framework designed for first-year students who encounter color exclusively through numerical digital interfaces – a context that Bauhaus and VKHUTEMAS methods, grounded in physical pig-

ment and tactile experimentation, were neither designed for nor tested in. The existing literature on color instruction, while rich in theoretical framing, offers limited empirical evidence of structured digital workflows improving measurable outcomes in this specific student profile. This study addresses that gap directly, providing six semesters of pre–post data demonstrating that externalizing contrast logic through brightness and saturation zones produces significant, reproducible gains in both technical execution and higher-order design reasoning.

Theoretical Framework and Conceptual Lens

The instructional model examined in this study is grounded in three interrelated theoretical perspectives: cognitive processing theory, metacognitive theory, and cognitive load theory.

From a cognitive processing perspective, the structured use of HSB values and contrast zoning provides learners with an organized framework for encoding and managing visual information. Foundational models of information processing emphasize that structured input reduces ambiguity and supports retention by enabling learners to organize perceptual stimuli into coherent mental representations (Mayer, 2020). By segmenting color decisions

сти студентов четко формулировать обоснования своих дизайнерских решений с использованием зон контраста и взаимосвязей между яркостью и насыщенностью.

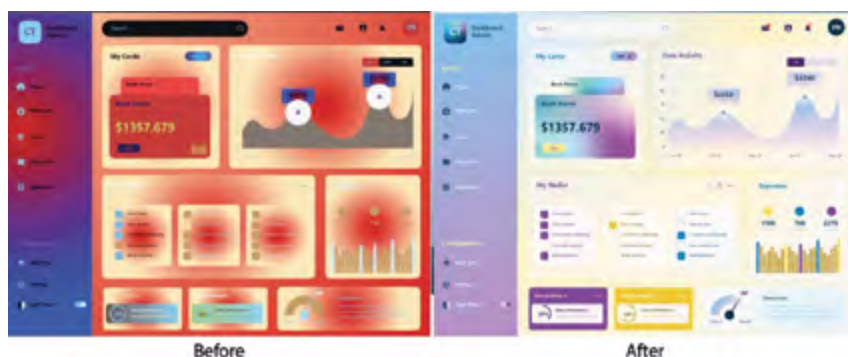
Наблюдения также показали усиление стратегической направленности в дизайнерском мышлении. Студенты все чаще применяли систематические методы для определения приоритетных направлений, управления иерархией и регулирования эмоционального настроения. Данная методология также способствовала укреплению уверенности в себе и развитию творческой самостоятельности: студенты стали более склонны к экспериментам, начали критически осмысливать свои действия, появилась способность применять полученные навыки в различных контекстах, включая упаковку, интерфейсы и анимационную графику.

Угроза достоверности и ограничения

Хотя полученные данные свидетельствуют о значительном улучшении, при интерпретации результатов следует учитывать ряд факторов. Квазиэкспериментальный дизайн исследования, несмотря на его целенаправленность и этическую обоснованность, означает, что наблюдаемое улучшение результатов нельзя объяснить исключительно учебным вмешательством; в определенной степени на это могли повлиять созревание учащихся и накопленный опыт участия в программе. Это ограничение частично компенсируется повторением одинаковых тенденций в шести независимых семестровых когортах, что снижает вероятность того, что улучшение результатов является аномалией, характерной только для одной когорты. Кроме того, двойная роль исследователя – преподавателя и оценщика – создает возможность возникновения предвзятости в процессе обучения; этот риск был устранен за счет привлечения внешних рецензентов, которые независимо оценивали анонимизированные работы студентов, что обеспечило согласованность оценок между экспертами выше 0,80 (коэффициент каппа Козна) по всем критериям оценочной шкалы.

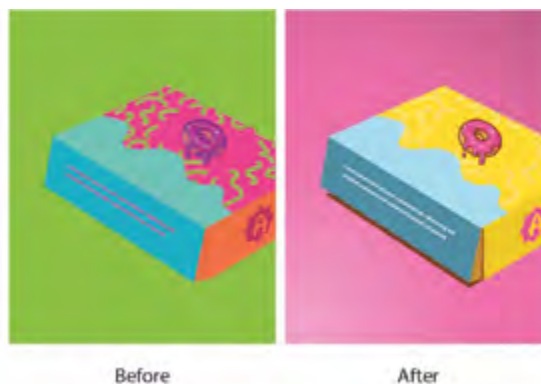
Общая применимость полученных результатов также ограничена. Поскольку исследование проводилось в рамках одного учреждения и в одном культурном контексте, его выводы не могут быть напрямую распространены на другие академические среды или дисциплины дизайна

в Рис. 4. До и после доработки цветовой стратегии информационной панели с использованием структурированной цифровой методологии / Fig. 4. Before and after refinement of dashboard color strategy using the structured digital methodology



без соответствующей адаптации. Хотя структурированная методология зонирования на основе контраста HSB доказала свою эффективность в данных условиях, для подтверждения ее применимости в различных контекстах необходимы более широкие исследования по воспроизведению результатов.

Поэтому в будущих исследованиях следует использовать дизайны с продольным наблюдением, например, отслеживать применение студентами данной методологии в академических или профессиональных проектах через три-шесть месяцев после завершения курса. Такие исследования предоставили бы более убедительные доказательства устойчивости как технических, так и метакогнитивных навыков и позволили бы выяснить,



< Рис. 5. До и после оптимизации цветовой гармонии упаковки с использованием структурированной цифровой методологии / Fig. 5. Before and after optimization of packaging color harmony using the structured digital methodology

into systematic brightness and saturation zones, the methodology externalizes visual relationships that might otherwise remain implicit or intuitive.

The study also draws on metacognitive theory, particularly the processes of planning, self-monitoring, and evaluation. Metacognitive models emphasize that effective learning involves not only task execution but also conscious regulation of cognitive activity (Flavell, 1979). Within the proposed methodology, students are required to intentionally define contrast zones, articulate design rationales, and evaluate visual outcomes. This framing positions color decisions as explicit strategic acts and aligns structured digital color practice with reflective design thinking (Schön, 1983).

In addition, the framework is informed by cognitive load theory, which addresses the relationship between working memory capacity and instructional design. Unstructured color exploration often imposes high intrinsic and extraneous cognitive load due to uncertainty, repeated trial cycles, and competing perceptual variables. Instructional models grounded in cognitive load theory propose that well-designed scaffolds can reduce unnecessary mental burden and free cognitive resources for higher-order reasoning

(Sweller, 1988). By providing explicit heuristics for contrast organization, HSB-based zoning functions as a cognitive scaffold that supports perceptual clarity while enabling creative exploration.

Taken together, these perspectives position HSB contrast zoning as both a practical instructional strategy and a theoretically grounded pedagogical model. The approach supports learners in managing visual complexity while fostering reflective awareness and strategic control, aligning structured digital color pedagogy with contemporary understandings of how design knowledge is acquired and regulated.

Findings

The findings reveal a clear and consistent pattern of improvement across both quantitative and qualitative dimensions, supporting the effectiveness of the structured HSB contrast zoning methodology. This section begins with an overview of the study sample and participation distribution across semesters, followed by quantitative performance outcomes and qualitative analyses of student work and reflections.

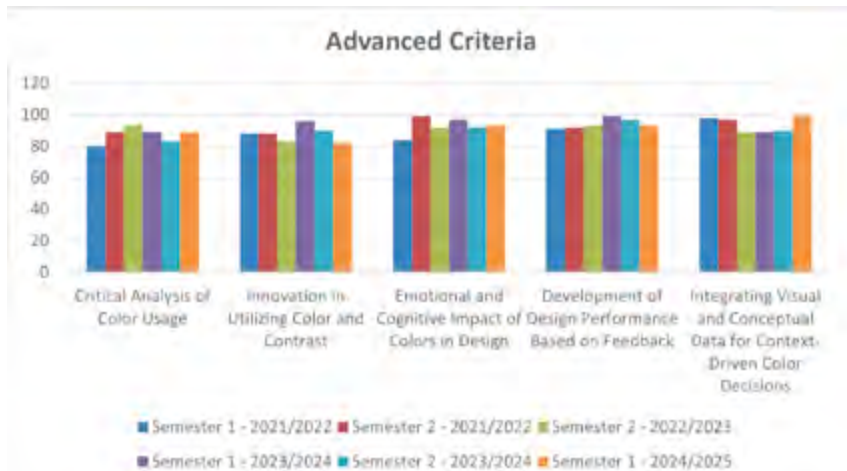


Рис. 6. Развитие в течение шести семестров продвинутых навыков: адаптации освещения к контексту, стратегического использования контраста и управления эмоциональным настроением с помощью цвета / Fig. 6. Progression of advanced competencies – contextual lighting adaptation, strategic contrast application, and emotional tone control via color – across six semesters

Таблица 2. Рост уровня освоения продвинутых компетенций от промежуточного до итогового проекта (количество участников ≈ 100). Примечание: рост = конечный показатель – промежуточный показатель в процентных пунктах (п.п.) / Table 2. Growth in advanced competencies from midterm to final project (n ≈ 100). Note: Growth = Final – Midterm in percentage points (pp)

Компетентность / Competency	Промежуточный экзамен (%) / Midterm (%)	Выпускная работа (%) / Final Project (%)	Рост (pp) / Growth (pp)
Адаптация освещения под контекст / Contextual Lighting Adaptation	18%	71%	+53%
Применение стратегического контраста / Strategic Contrast Application	23%	79%	+56%
Управление эмоциональным настроением с помощью цвета / Emotional Tone Control via Color	20%	76%	+56%
Творческая интеграция / Creative Integration	46%	85%	+39%

сохраняются ли наблюдаемые улучшения за пределами непосредственного учебного контекста.

Для более глубокого изучения развития продвинутых навыков был проведен анализ уровня компетенций путем сравнения результатов промежуточных и итоговых проектов.

В таблице 2 приведены данные о росте уровня освоения продвинутых навыков в период с промежуточного до итогового проекта. Заметный прогресс наблюдается по всем оцениваемым параметрам, причем наиболее значительные улучшения отмечены в области применения стратегического контраста и управления эмоциональным настроением с помощью цвета. Эти результаты свидетельствуют о том, что студенты продвинулись от корректирующего использования цвета к более осознанному и выразительному применению, учитывающему контекст.

Журналы наблюдений и рефлексия в мастерской выявили значительную эмоциональную и когнитивную составляющую полученных результатов. Студенты, которые поначалу испытывали разочарование или беспокойство при работе над заданиями с открытым подходом к цветовому решению, постепенно стали демонстрировать устойчивую вовлеченность, формулировать стратегии итеративного решения проблем и сотрудничать с однокурсниками для проверки гипотез, касающихся освещения, настроения и композиционных акцентов. Такое изменение поведения отражает не только технический прогресс, но и появление метакогнитивной регуляции, поскольку студенты все чаще формулировали и контролировали свои дизайнерские решения.

Подводя итог, можно сказать, что результаты количественной оценки по шкале и данные качественного анализа сходятся в том, что структурированная методология работы с цифровым цветом способствовала не только повышению технической квалификации, но и углублению концептуального понимания, развитию стратегического мышления и укреплению творческой уверенности. Двойственный характер улучшений, как измеримый, так и рефлексивный, подтверждает основную гипотезу о том, что систематизированное цифровое обучение может соединить теоретические знания о цвете с профессиональной дизайнерской практикой в сфере мультимедиа и графического дизайна.

The quantitative findings demonstrate substantial performance gains across all rubric dimensions following the implementation of the structured HSB-based color methodology.

Table 1 summarizes the pre- and post-intervention rubric scores across the four assessed dimensions. Initial diagnostic tasks indicated low baseline performance ($M = 48\%$), reflecting intuitive color use and recurring difficulties in contrast control and tonal organization. Following the instructional intervention, the mean post-task score increased to 86%, with the most pronounced improvements in Contrast Control (+43%) and Technical Execution (+38%). These results indicate not only enhanced visual outcomes, but also increased precision, consistency, and strategic control in students' digital color decisions.

Fig. 2 illustrates sustained improvement in average rubric scores across six semesters. The consistency of upward trends across cohorts suggests that the observed gains were not isolated to a single group, but were reproducible under repeated instructional implementations, supporting the methodological stability of the structured approach.

Эти результаты служат основой для следующего раздела «Обсуждение».

Обсуждение

Полученные данные служат весомым эмпирическим подтверждением эффективности структурированного цифрового обучения работе с цветом в повышении как технической квалификации, так и когнитивных компетенций высшего порядка в рамках образования в области мультимедиа и графического дизайна. В контексте современного обучения дизайну эти результаты согласуются с процессно-ориентированными моделями обучения, в которых особое внимание уделяется структурированному исследованию, рефлексивной практике и стратегическому построению знаний (Laurillard, 2012).

По всем критериям оценочной шкалы были отмечены существенные улучшения результатов до и после обучения, причем наиболее заметные улучшения наблюдались в области технического исполнения и управления контрастом. Эти результаты свидетельствуют о том, что теоретические взаимосвязи между цветами были не просто осознаны, но и применены на практике при решении задач прикладного цифрового дизайна (табл. 1; рис. 2). Систематическая модуляция яркости и насыщенности, по-видимому, позволила снизить неоднозначность восприятия и способствовала более последовательному управлению иерархией, читаемостью и акцентированием.

Результаты качественного анализа сконцентрировались вокруг трех основных моделей: концептуальной ориентации, принятия стратегических решений и творческой автономии. Студенты все чаще формулировали обоснование своего выбора цветов, демонстрируя поведение, связанное с планированием, мониторингом и оценкой, характерное для метакогнитивной регуляции. Сознательное создание зон контраста и контекстуальная адаптация к освещению и композиционному замыслу отражали переход от интуитивного метода «проб и ошибок» к структурированному перцептивному мышлению (рис. 6; табл. 2).

Количественные улучшения были подкреплены результатами наблюдений в студии, они свидетельствовали о снижении когнитивной неопределенности и более четком стратегическом замысле. Такое совпадение

In Fig. 3, the initial composition (Before) shows limited tonal variation, with analogous purples and blues producing minimal separation between architectural elements and background, resulting in a flattened hierarchy. After applying the HSB-based contrast zoning technique, focal elements become more distinct through deliberate shifts in brightness and saturation while maintaining hue harmony. The warm tones of the main structures are set against cooler background gradients, improving depth, directing attention, and strengthening the intended atmosphere.

Fig. 4 shows how contrast zoning improved a dashboard interface. In the Before version, heavy reliance on saturated reds and strong gradients created visual noise, reduced legibility, and weakened functional hierarchy. In the After version, controlled modulation of brightness and saturation establishes clearer separation between content areas while preserving hue harmony. Cooler, desaturated backgrounds support readability, and accent colors are reserved for actionable elements, improving attention guidance and overall usability.

Fig. 5 demonstrates improved packaging color coherence following application of the structured methodology. In the Before

подтверждает интерпретацию полученных результатов с точки зрения когнитивной нагрузки. Благодаря экспертной оценке эвристик принятия решений по цвету данная методология, по-видимому, снизила излишнюю когнитивную нагрузку, что позволило студентам направлять больше умственных ресурсов на дизайнерское мышление более высокого уровня, экспериментирование и эстетическое совершенствование. На практике это проявилось в более быстрой стабилизации жизнеспособных палитр, более согласованных иерархиях на протяжении итераций и увеличении объема экспериментальных вариаций после установления логической базовой линии.

Полученные данные также свидетельствуют о значительном расширении сферы применения методов обучения работы с цветом на основе пигментов в цифровых средах. Несмотря на сохраняющиеся опасения, что цифровые интерфейсы могут ослабить вовлеченность восприятия, результаты показывают, что нюансы восприятия и эмоциональная направленность могут быть сохранены, если структурные ориентиры явно согласованы с целями передачи глубины, иерархии и эмоционального оттенка, а не только с программными алгоритмами.

Результаты итоговых проектов также свидетельствуют о методологической универсальности. Студенты применяли принцип контрастного зонирования в контекстах иллюстраций, интерфейсов и упаковки, что указывает на то, что методология была усвоена на уровне визуального мышления, а не в виде процедур, привязанных к конкретным инструментам. Это подтверждает точку зрения, что структурированное обучение работе с цветом в цифровой среде способно сформировать гибкие дизайнерские компетенции, выходящие за рамки технического мастерства. Интерпретация этих результатов по-прежнему ограничена квазиэкспериментальным дизайном исследования и контекстом одного учебного заведения. Однако стабильность количественных показателей и качественная конвергенция, повторившаяся в шести независимых группах, обеспечивают более прочную доказательную базу, чем однократное исследование «до-после», что подтверждает достоверность полученных результатов в рамках признанных методологических ограничений.

В целом результаты обсуждения свидетельствуют в пользу структурированного обучения цифровому цвету

design, highly saturated, non-harmonized colors created visual tension, reduced readability, and weakened brand coherence. In the After version, HSB-based contrast zoning produced a more harmonious palette with moderated saturation and strategic warm-cool contrasts, improving hierarchy, legibility, and aesthetic coherence.

Beyond visual refinement, qualitative data revealed substantial cognitive and behavioral shifts. Students reported that structured HSB gradations provided a concrete framework for understanding contrast and tonal relationships, reducing reliance on intuitive trial-and-error. This conceptual anchoring was reflected in their ability to articulate design rationales using contrast zones and brightness-saturation relationships.

Observations further indicated a growing strategic orientation in design thinking. Students increasingly applied systematic methods to establish focal points, control hierarchy, and manipulate emotional tone. The methodology also fostered increased confidence and creative autonomy, with students becoming more experimental, critically reflective, and capable of transferring

как эффективного связующего звена между числовыми цветовыми системами и перцептивно-аффективными требованиями к дизайну, которые способствуют как достижению измеримых результатов, так и развитию рефлексивного дизайнерского мышления.

Выводы и рекомендации

Данное исследование предоставляет весомые эмпирические доказательства в пользу внедрения структурированных методологий работы с цифровым цветом в образовательные программы по мультимедиа и графическому дизайну. Переход от интуитивных подходов к систематическому цифровому обучению привел к заметному улучшению цветовой гармонии, управления контрастом и технического исполнения, а также к явному развитию стратегического мышления, метакогнитивной осведомленности и рефлексивного дизайнерского мышления. Протокол контрастного зонирования на основе модели HSB предложил воспроизводимые правила принятия решений, которые снизили неоднозначность, усилили ясность восприятия и позволили принимать решения по цвету с учетом контекста.

Результаты исследования показывают, что структурированное цифровое обучение цветовому дизайну позволяет эффективно соединить теоретические знания о цвете с прикладной профессиональной практикой. Благодаря визуализации логики контраста и систематизации перцептивных переменных в операционные дизайнерские структуры данная методология помогла студентам перейти от метода проб и ошибок к целенаправленным, обоснованным и применимым в других ситуациях стратегиям работы с цветом.

В будущих исследованиях рекомендуется изучить контролируемые сравнительные эксперименты, межузоровские применения и продольное наблюдение для оценки устойчивости и более широкой применимости отмеченных технических и когнитивных достижений. В рамках этих направлений структурированное цифровое обучение цветовому дизайну демонстрирует значительный потенциал в качестве масштабируемой платформы для подготовки дизайнеров, обладающих визуальной грамотностью, когнитивной осведомленностью и творческой самостоятельностью.

techniques across diverse contexts including packaging, interfaces, and motion graphics.

Threats to Validity and Limitations

Although the findings indicate significant improvements, several factors warrant consideration in interpreting the results. The quasi-experimental design, while deliberate and ethically justified, means that observed gains cannot be attributed exclusively to the instructional intervention; maturation and accumulated design exposure may have contributed to some degree. This limitation is partially mitigated by the replication of consistent patterns across six independent semester cohorts, which reduces the likelihood that gains reflect a single-cohort anomaly. In addition, the researcher's dual role as instructor and evaluator introduces the possibility of instructional bias; this risk was addressed through the inclusion of external reviewers who evaluated anonymized student work independently, yielding inter-rater agreement above 0.80 (Cohen's kappa) across all rubric dimensions.

The generalizability of the results is also constrained. As the study was conducted within a single institutional and cultural context, the findings may not directly extend to other academic

Авторский вклад:

- Эмпирическое подтверждение эффективности структурированного цифрового обучения цветовому дизайну как фактора, способствующего развитию технического мастерства и когнитивных навыков высшего порядка в области дизайна.

- Доказательство долгосрочного эффекта, когда студенты на протяжении нескольких семестров постепенно применяют приобретенные навыки не только в рамках классных заданий, но и в проектных работах, связанных с данной областью знаний.

- Педагогическое представление того, как аналитическая структура может сосуществовать с перцептивным и эмоциональным вовлечением в условиях обучения работы с цветом с использованием цифровых технологий.

- Универсальная методологическая основа, совместимая с современными мультимедийными практиками и адаптируемая к новым рабочим процессам проектирования с использованием искусственного интеллекта, при этом обеспечивающая сохранение творческой свободы и критического мышления.

В целом доказано, что структурированное цифровое обучение цветовому дизайну способствует повышению технической точности и одновременно развивает метакогнитивные и рефлексивные навыки, необходимые для современной и развивающейся дизайнерской практики.

Значение для высшего образования в области мультимедиа и графического дизайна

Результаты данного исследования подчеркивают необходимость пересмотра стратегий обучения в рамках программ по мультимедиа и графическому дизайну с учетом практик проектирования, основанных на использовании цифровых технологий. Учебные заведения должны внедрять структурированные цифровые методологии во все учебные программы, чтобы выйти за рамки простого обучения работе с программным обеспечением и сосредоточиться на развитии визуальной логики, стратегического мышления и универсальных компетенций в области дизайна.

Более тесная междисциплинарная взаимосвязь между теорией цвета и смежными областями дизайна, такими

environments or design disciplines without adaptation. While the structured HSB-contrast zoning methodology proved effective within this setting, broader replication studies are required to establish its applicability across diverse contexts.

Future research should therefore incorporate longitudinal follow-up designs, such as tracking students' application of the methodology in academic or professional projects three to six months after course completion. Such studies would provide stronger evidence of the durability of both technical and metacognitive gains and clarify whether observed improvements persist beyond the immediate instructional context.

To further examine higher-order development, advanced competencies were analyzed by comparing midterm and final project outcomes.

Table 2 summarizes growth in advanced competencies from midterm to final projects. Substantial gains are observed across all measured dimensions, with particularly strong improvements in strategic contrast application and emotional tone control via color. These results indicate that students progressed beyond

corrective use of color toward more deliberate, context-sensitive, and expressive applications.

Observational logs and studio reflections revealed a significant affective and cognitive dimension to the findings. Students who initially expressed frustration or anxiety when working with open-ended color tasks gradually demonstrated sustained engagement, verbalized iterative problem-solving strategies, and collaborated with peers to test hypotheses related to lighting, mood, and compositional emphasis. This behavioral shift reflects not only technical improvement but also the emergence of metacognitive regulation, as students increasingly articulated and monitored their design decisions.

In summary, quantitative rubric outcomes and qualitative analyses converge to demonstrate that the structured digital color methodology enhanced not only technical proficiency but also conceptual understanding, strategic thinking, and creative confidence. The dual nature of improvement – both measurable and reflective – supports the core hypothesis that systematized digital instruction can bridge theoretical color knowledge with

как типографика, дизайн интерфейсов, анимационная графика и интерактивные медиа, может способствовать концептуальной преемственности и межмедийному применению визуальных принципов. Обучение теории цвета следует рассматривать не как отдельный базовый предмет, а как интегративную основу, которая лежит в основе различных этапов учебной программы по дизайну.

Цифровые учебные среды следует использовать для содействия итеративному экспериментированию, индивидуализированной обратной связи и рефлексивной практике в студии. Структурированные цифровые рабочие процессы позволяют студентам проверять гипотезы, уточнять визуальные иерархии и формулировать обоснования дизайнерских решений в режиме реального времени, что способствует укреплению как перцептивной чувствительности, так и метакогнитивного осознания.

По мере того, как инструменты с искусственным интеллектом все шире внедряются в профессиональные рабочие процессы, в образовательных программах наряду с компьютерной работоспособностью необходимо уделять первостепенное внимание творчеству, ориентированному на человека, критическому мышлению и этическому визуальному анализу. Структурированная педагогика цифровой колористики может служить концептуальной опорой, позволяющей студентам критически подходить к системам искусственного интеллекта, а не пассивно принимать автоматизированные результаты.

В целом структурированное обучение цифровому цвету представляет собой эффективную образовательную модель, позволяющую укрепить как техническую строгость, так и способность к дизайнерскому мышлению высокого уровня, что помогает подготовить будущих дизайнеров к работе в условиях перцептивной, когнитивной и технологической сложности современной практики.

Литература / References

- Albers, J. (2006). *Interaction of color* (Expanded ed.). Yale University Press. <https://doi.org/10.37862/aaeportal.00210>
- Chevreul, M. E. (1987). *The principles of harmony and contrast of colors and their applications to the arts* (C. Martel, Trans.). Schiffer Publishing. (Original work published 1839)
- Fairchild, M. D. (2013). *Color appearance models* (3rd ed.). Wiley-IS&T.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Itten, J. (1973). *The art of color: The subjective experience and objective rationale of color*. Van Nostrand Reinhold.
- Matyushin, M. V. (2007). *Handbook of color: The pattern of variability of color combinations*. Publisher D. Aronov.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: The grammar of visual design* (2nd ed.). Routledge.
- Laurillard, D. (2012). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Poling, C. V. (1986). *Kandinsky's teaching at the Bauhaus*. Rizzoli. (Original work published 1982)
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- van Leeuwen, T. (2011). *The language of colour: An introduction*. Routledge.

professional-level design practice in multimedia and graphic design education.

These findings provide the foundation for the following Discussion section.

Discussion

The findings provide strong empirical support for the effectiveness of structured digital color instruction in enhancing both technical proficiency and higher-order cognitive competencies in multimedia and graphic design education. When situated within contemporary design instruction, the results align with process-oriented models of learning that emphasize structured exploration, reflective practice, and strategic knowledge construction (Laurillard, 2012).

Substantial pre–post gains were observed across all rubric dimensions, with the strongest improvements in contrast control and technical execution. These outcomes indicate that theoretical color relationships were not merely recognized but operationalized within applied digital design tasks (Table 1; Fig. 2). The systematic modulation of brightness and saturation appears to have reduced perceptual ambiguity and supported more consistent control of hierarchy, legibility, and focal emphasis.

Qualitative findings converged around three central patterns: conceptual anchoring, strategic decision-making, and creative autonomy. Students increasingly articulated the rationale behind their color choices, demonstrating planning, monitoring, and evaluative behaviors characteristic of metacognitive regulation. The deliberate construction of contrast zones and contextual adaptation to lighting and compositional intent reflected a shift from intuitive trial-and-error toward structured perceptual reasoning (Fig. 6; Table 2).

Quantitative improvements were reinforced by studio observations indicating reduced cognitive uncertainty and clearer strategic intent. This convergence supports a cognitive load interpretation of the findings. By externalizing color decision heuristics, the methodology appears to have reduced extraneous cognitive load, enabling students to allocate greater mental resources to higher-order design reasoning, experimentation, and aesthetic refinement. In practice, this was reflected in faster stabilization of viable palettes, more coherent hierarchies across iterations, and increased exploratory variation once a logical baseline had been established.

The findings also indicate a meaningful extension of pigment-based color instruction into digitally mediated environments. Although concerns persist that digital interfaces may attenuate perceptual engagement, the results suggest that perceptual nuance and affective intention can be preserved when structural guidance is explicitly aligned with goals of depth, hierarchy, and emotional tone rather than with software routines alone.

Evidence from final projects further suggests methodological portability. Students applied contrast zoning across illustration, interface, and packaging contexts, indicating that the methodology was internalized at the level of visual reasoning rather than as tool-specific procedures. This supports the position that structured digital color instruction can cultivate transferable design competencies that extend beyond technical fluency.

Interpretation of these outcomes remains appropriately bounded by the quasi-experimental design and single-institution context. However, the consistency of quantitative gains and qualitative convergence replicated across six independent cohorts provides a stronger evidentiary basis than a single pre–post study, supporting the credibility of the findings within the acknowledged methodological constraints.

Overall, the discussion supports structured digital color instruction as a viable bridge between numeric color systems and perceptual–affective design demands, strengthening both measurable performance outcomes and reflective design reasoning.

Conclusions and Recommendations

This study provides strong empirical support for integrating structured digital color methodologies into multimedia and graphic design education. The transition from intuitive, manual-based approaches to systematic digital instruction produced measurable improvements in color harmony, contrast control, and technical execution, alongside clear development in strategic thinking, metacognitive awareness, and reflective design reasoning. The HSB-based contrast zoning protocol offered replicable decision

rules that reduced ambiguity, strengthened perceptual clarity, and enabled context-sensitive color decision-making.

The findings indicate that structured digital color instruction can effectively bridge theoretical color knowledge with applied professional practice. By externalizing contrast logic and organizing perceptual variables into operational design structures, the methodology supported students in moving beyond trial-and-error toward intentional, reasoned, and transferable color strategies.

Future implementations are encouraged to examine controlled comparative designs, cross-institutional applications, and longitudinal follow-up to assess the durability and broader applicability of the observed technical and cognitive gains. Within these directions, structured digital color instruction demonstrates strong potential as a scalable framework for cultivating visually literate, cognitively aware, and creatively autonomous designers.

Key contributions include:

- Empirical validation of structured digital color instruction as a driver of both technical performance and higher-order cognitive growth in design education.

- Evidence of longitudinal impact, with students progressively transferring competencies beyond classroom exercises to domain-relevant design projects across multiple semesters.

- Pedagogical insight into how analytical structure can coexist with perceptual and affective engagement in digitally mediated color learning environments.

- A transferable instructional framework compatible with contemporary multimedia practice and adaptable to emerging AI-assisted design workflows while safeguarding creative agency and critical judgment.

Overall, structured digital color instruction is shown to enhance technical precision while cultivating the metacognitive and reflective capacities essential for contemporary and emerging design practice.

Implications for Higher Education in Multimedia and Graphic Design

The findings of this study underscore the need for multimedia and graphic design programs to recalibrate curricular strategies in response to digitally mediated design practices. Institutions should embed structured digital methodologies across curricula to move beyond software training toward the development of visual logic, strategic reasoning, and transferable design competencies.

Stronger interdisciplinary alignment between color theory and related design domains – such as typography, interface design, motion graphics, and interactive media – can support conceptual continuity and cross-media application of visual principles. Color instruction should be positioned not as an isolated foundational subject, but as an integrative framework that informs multiple stages of the design curriculum.

Digital learning environments should be leveraged to support iterative experimentation, individualized feedback, and reflective studio practice. Structured digital workflows allow students to test hypotheses, refine visual hierarchies, and articulate design rationales in real time, strengthening both perceptual sensitivity and metacognitive awareness.

As AI-assisted tools become increasingly embedded in professional design workflows, instructional frameworks must foreground human-centered creativity, critical judgment, and ethical visual reasoning alongside computational efficiency. Structured digital color pedagogy can function as a conceptual anchor that enables students to engage AI systems critically rather than passively adopting automated outputs.

Overall, structured digital color instruction offers a viable educational model for strengthening both technical rigor and higher-order design reasoning, helping prepare future designers to navigate the perceptual, cognitive, and technological complexity of contemporary practice.