

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПОИСКА ЦВЕТОВЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ ЭКСПЕРТА

Т.Г. Петренко, Д.А. Проданов
Донецкий национальный университет

В статті досліджується теорія кольорового дизайну та пошук гармонійних кольорових рішень. Запропоновано формалізацію базових типів кольорових комбінацій. Розроблено методику здобуття критерію гармонійності експерта на підставі механізму нечіткого виведення.

Сегодня ввиду широкого развития компьютерной техники и программного обеспечения, позволяющих визуализировать широкий спектр научной и социальной информации, проблема поиска гармоничных цветовых решений становится все более актуальной. Успешное и продуктивное взаимодействие пользователя с интерфейсом компьютерных систем во многом зависит от его внутреннего настроения и желания работать с этими системами. Одним из факторов, определяющих степень удобства и восприятия хорошо спроектированного интерфейса, является цветовая гамма, заложенная в его основу.

В теории цветового дизайна используется дискретный цветовой спектр, состоящий из 96 константных значений, равномерно распределенных по кругу в 12 секторах, каждый из которых содержит один из базовых цветов. Насыщенные и яркие цвета расположены в широком центральном кольце цветового круга, а оттенки, полученные с добавлением различного количества белого или черного, находятся во внутренних и внешних кольцах.

Существуют десять базовых типов цветовых комбинаций, в которых цвета воспринимаются глазом как наиболее гармоничные. В теории они обычно представлены как общие принципы. В данном проекте они формализуются для дальнейшей работы в виде математической модели. Для этого вводятся две функции:

1) $main(x)$ – возвращает номер главного цвета (наиболее чистый) на дискретном круге из сектора с номером x ($x \in N, 1 \leq x \leq 12$).

$$main(x) = 8 \cdot (x - 1) + 4 \quad (1)$$

2) $sect(x)$ – возвращает номер сектора, которому принадлежит цвет с номером x ($x \in N, 1 \leq x \leq 96$).

$$sect(x) = (x - 1) \bmod 8 + 1$$

Полагаем, что для каждого типа задан исходный цвет с номером x , к которому будут подбираться гармонирующие. Необходимо

определить целевой сектор s , из которого будут выбираться оттенки для создания двухцветных решений, либо два целевых сектора s_1 и s_2 для построения, соответственно, трехцветных решений. Формально описываются следующие комбинации:

1. *Ахроматическая.* Используются белый, черный и серый цвета, создающие практичное, строгое, флегматичное настроение. Ахроматические цвета нумеруются числами от 97 до 107, на цветовом круге не присутствуют. Условно обозначим этот диапазон оттенков сектором под номером 13.

2. *Аналоговая.* Используется одна из последовательных гамм, а также ее тона и оттенки. Такие комбинации создают гаммы, растворяющие настроение основного цвета в других оттенках. Здесь возможны три варианта:

$$\begin{aligned} \text{a) } \begin{cases} s_1 = (\text{sect}(x) + 9) \bmod 12 + 1 \\ s_2 = (\text{sect}(x) + 10) \bmod 12 + 1 \end{cases} & \quad \text{b) } \begin{cases} s_1 = (\text{sect}(x) + 10) \bmod 12 + 1 \\ s_2 = (\text{sect}(x)) \bmod 12 + 1 \end{cases} \\ \text{c) } \begin{cases} s_2 = (\text{sect}(x)) \bmod 12 + 1 \\ s_1 = (\text{sect}(x) + 1) \bmod 12 + 1 \end{cases} \end{aligned}$$

3. *Дополнительная.* Используются цвета спектра, диаметрально противоположные. Такие гаммы дополняют друг друга, делают их завершенными.

$$s = (\text{sect}(x) + 5) \bmod 12 + 1$$

4. *Контрастная.* Для сочетания с цветом используется гамма, расположенная справа либо слева от дополнения. Эти цвета наиболее четко контрастируют друг с другом и хорошо различимы.

$$\text{a) } s = (\text{sect}(x) + 4) \bmod 12 + 1 \quad \text{b) } s = (\text{sect}(x) + 6) \bmod 12 + 1$$

5. *Монохроматическая.* Используется одна гамма в комбинации с одним или всеми ее тонами и оттенками. Подобранные цвета усиливают настроение, которое создается главным цветом.

$$\text{a) } s = \text{sect}(x) \quad \text{b) } s_1 = s_2 = \text{sect}(x)$$

6. *Нейтральная.* Используется гамма, которая была приглушена или нейтрализована добавлением черного цвета. Такие решения используются, когда необходимо уменьшить влияние основного цвета.

$$s_1 = s_2 = 13$$

7. *Раздельно-дополнительная.* Составляется из одной гаммы и двух гамм по обе стороны от ее дополнения. Подобно дополнительной комбинации, завершает главный цвет, но уже двумя тональностями.

$$\begin{cases} s_1 = (\text{sect}(x) + 4) \bmod 12 + 1 \\ s_2 = (\text{sect}(x) + 6) \bmod 12 + 1 \end{cases}$$

8. *Первичная*. Комбинируются чистые гаммы красного, желтого и голубого цветов.

9. *Вторичная*. Комбинируются вторичные гаммы зеленого, фиолетового и оранжевого цветов.

10. *Третичная триадная*. Используются цвета, равноудаленные друг от друга в спектре. Цвета в таких комбинациях в равной степени уравнивают друг друга.

$$\begin{cases} s_1 = (\text{sect}(x) + 3) \bmod 12 + 1 \\ s_2 = (\text{sect}(x) + 7) \bmod 12 + 1 \end{cases}$$

Обычно комбинации 8 и 9 считаются частным случаем комбинации 10, так как формулы секторов для них аналогичны.

Основываясь на этих формулах, для каждого случая можно уже получить по одному точному набору цветов в сочетании, так как считается, что цвета из главного кольца (получаемые по формуле (1)) гармонируют между собой наилучшим образом. Но часто этого бывает недостаточно. Несмотря на то что цвета, расположенные вдоль радиуса, обладают одной и той же тональностью, создаваемые ими оттенки настроения могут быть разными. Поэтому возникает вопрос, по каким принципам выбирать цвета из вычисленных секторов в каждом из типов цветовых комбинаций.

Одним из вариантов решения данной проблемы может быть использование специальных дизайнерских справочников, в которых предлагаются готовые цветовые решения, предназначенные обычно для проектирования интерьера. Однако подобная система может быть неприемлема для профессионалов, работающих в различных областях дизайна, поскольку все эти данные довольно субъективны. Поэтому эксперты в таких случаях полагаются на свое внутреннее представление о гармоничности цвета, которое может меняться в зависимости от области применения цветового решения, психологического состояния человека и других факторов.

Очевидно, что сам дизайнер слабо представляет систему, по которой он ориентируется в выборе цветовой гаммы. В данном проекте разработана методика, с помощью которой критерий гармоничности эксперта может быть извлечен и преобразован в математическую модель для дальнейшего использования в электронном справочнике. В основе методики лежит механизм нечеткого логического вывода, что позволяет для каждого пользователя строить модель уникальным образом.

Входные данные механизма определяются тремя независимыми лингвистическими переменными, термы каждой из которых описываются кусочно-линейными функциями принадлежности:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 - |x - c| / \lambda, & \text{при } |x - c| \leq \lambda \\ 0, & \text{при } |x - c| > \lambda \end{cases},$$

где x – исходное четкое значение параметра, c – константа, определяющая угол наклона функции, λ – константа, определяющая ширину функции. Таким образом, $\mu_A(x) \in [0,1]$.

Вид функции принадлежности определяет метод фаззификации исходных четких данных. Сами переменные описаны ниже:

- *Оценка эксперта.* Дизайнеру предлагается оценить цветовое сочетание по шкале от нуля до пяти баллов. После фаззификации это число попадает в один или несколько термов, которые определяют значение переменной: *отличная, хорошая* или *плохая* оценка. Вместо числовой оценки эксперту предлагается визуально неградуированная шкала, на которой он может отметить любое положение.

- *Контрастность сочетания.* Считается, что насыщенные оттенки требуют больших затрат энергии для восприятия и, соответственно, вызывают активность нервных процессов. Поэтому чем ярче и контрастней будут цвета, тем легче эксперту оценить предложенную комбинацию. В то же время, слабые по насыщенности, близкие к серому цвету, оттенки гармонизируют и успокаивают восприятие. Переменная может принимать значения: *насыщенная, бледная* и *близкая к серому* контрастность. Из приведенных выше рассуждений следует, что для второго терма оценка будет еще более нечеткой. Исходное четкое значение может быть получено, например, из параметра *Saturation*, если оттенки представлены в системе HSB.

- *Внутреннее психологическое состояние эксперта.* В зависимости от настроения дизайнера оценка может быть более или менее стабильной. Процесс извлечения знаний из эксперта может оказаться относительно длительным процессом. Очевидно, за это время у человека накапливается усталость, что негативно влияет на его настроение. Кроме того, необходимое внутреннее состояние частично может достигаться демонстрацией определенного цвета или серии образов. Переменная может принимать два значения: *спокойное* и *раздраженное* состояние.

Выходной переменной является *гармоничность цветового решения*. Она может принимать значения: *гармоничное, приемлемое* и *резонирующее*.

После определения термов переменных механизм вывода использует базу знаний, состоящую из совокупности нечетких продукционных правил, представленных в виде:

если x есть A_r , то z есть C_r ,

где x – входная переменная, z – выходная, A_r и C_r – соответственно их термы, r – номер продукционного правила. Отметим, что база знаний составляется специалистами области цветового дизайна и психологии восприятия цвета, поэтому здесь также возможна субъективность, которая в дальнейшем может повлиять на результат. Обработка правил осуществляется по алгоритму Мамдани.

На последнем этапе производится дефаззификация выходной функции принадлежности, т.е. преобразование ее в конкретное число z_0 с помощью центроидного метода, который задается следующим образом:

$$z_0 = \frac{\int_R z \cdot \mu_\Sigma(z) dz}{\int_R \mu_\Sigma(z) dz}$$

По приведенному алгоритму определяется коэффициент гармоничности каждой из цветовых комбинаций, которые можно построить из оттенков двух или трех секторов цветового круга. Математическая модель содержит все комбинации, упорядоченные в обратном порядке своих коэффициентов, отдельно по каждому из типов решений. Отметим, что каждый из компонентов алгоритма функционирует независимо от других и легко модифицируется в случае обнаружения новых факторов восприятия цвета.

Все построенные модели хранятся в базе данных, что позволяет любому пользователю справочника настроить его по своему усмотрению либо использовать критерий гармоничности другого эксперта.

Разработанная методика позволяет не только извлекать, преобразовывать, хранить и использовать экспертные знания о цветовой гармонии, но и накапливать статистические данные для последующего анализа. Результаты проводимых экспериментов могут стать основой для дальнейшего развития теории цветового дизайна.

Литература

1. Саттон Т. Гармония цвета: Полное руководство по созданию цветовых комбинаций / Т. Саттон, Б. Вилен.; Пер. с англ. В.П. Воропаева. – М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 215 с. – (Rockport Publishes).
2. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с. – (Проблемы искусственного интеллекта).

Получено 15.05.2009