

УДК: 535.5+543.47

К проблеме изучения воздействия цвета на психофизиологическое состояние студентов

Ю. В. Корбан, аспирант*

В статье рассмотрена методика тестирования студентов по воздействию света на их психофизиологическое состояние. Определен алгоритм учета личностных восприятий цвета с применением критерия Фишера. Показано, что использование цветовых поляризационных коэффициентов, характеризующих относительное количество основных цветов, позволяет провести оценку воздействия цвета на творческий процесс студентов.

Ключевые слова: свет, психофизиологическое состояние; восприятие цвета; творческий процесс.

Impact of Color on Psychophysiological Status of Students

Y. V. Korban, Postgraduate Student

The method of testing students on the effects of light on their psychophysiological state is analyzed in the article. The algorithm of research of the personal perceptions of color with the use of Fisher's exact test is defined. It is shown that the use of color polarization coefficients characterizing the relative number of primary colors, assessing the impact of color on the creative process of the students.

Keywords: light; psychophysiological state; perception of color; creative process.

Известно, что действие света на глаз (световое ощущение) в значительной степени зависит от длины волны [1]. При этом белый свет охватывает весь видимый диапазон длин волн $\Delta\lambda=0,40\dots0,75$ мк, а функция видности $V(\lambda)$ имеет определенную зависимость от длины волны. Видность характеризует чувствительность среднего нормального человеческого глаза к излучению каждой длины волны из всего диапазона. Наиболее чувствителен глаз к воздействию зеленой волны $\lambda=0,555$ мк), для которой функция видности принимается равной единице. Зрительная оценка при одном и том же потоке световой энергии для других длин волн меньше, так как функция видности меньше единицы и она обратно пропорциональна величинам энергетических потоков Q , которые вызывают одинаковое по интенсивности зрительное ощущение.

В соответствии с [1] указанная зависимость выражается следующим образом:

$$\frac{V(\lambda_1)}{V(\lambda_2)} = \frac{(\partial Q)_2}{(\partial Q)_1}. \quad (1)$$

Чем меньше значение функции видности, тем больше должна быть энергетическая мощность для получения значительного ощущения такой же интенсивности. Под светимостью R понимается световой поток ∂Q испускаемой или рассе-

янной единицей поверхности dS по всем направлениям:

$$R = \frac{\partial Q}{\partial S}. \quad (2)$$

Видность характеризует рассеяние (излучение) света данным участком поверхности по всем направлениям. Для характеристики излучения (рассеяния) света в заданном направлении служит яркость B (свеча/м²), которая различна для разных направлений. В естественном падающем белом свете интенсивность колебаний различных направлений одинакова. В то же время, поскольку поле самой художественной картины не является самосветящимся, его цветность не зависит от яркости освещающего света. Каждый элементарный участок цветового поля картины может характеризоваться определенной цветностью, а количественно координаты цвета, которые обозначим через Q , U , V , пропорциональны количеству красного, зеленого и синего (К, З и С) основных цветов. Яркость каждого элемента цветового поля картины представляет собой взвешенную сумму значений координат цвета:

$$I = \alpha_1 Q + \alpha_2 U + \alpha_3 V, \quad (3)$$

* Аспирант Южноукраинского национального педагогического университета им. К. Д. Ушинского (г. Одесса).

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, — весовые коэффициенты цвета, представляющие собой параметры эллипса поляризации световой волны.

Координаты цвета необходимы для уравнивания каждого цветового элемента картины. Существует несколько определений цветовых контуров [1—4], в соответствии с которыми контур на цветном изображении отображает только перепад яркости. Однако такое определение исключает контуры, связанные с постоянной яркостью. Поэтому наиболее приемлемым определением цветовых контуров в системе координат $Q, U, V(K, 3, C)$ является значение перепада степени поляризации световой волны. Сегментацию (разбиение всего поля картины на области по свойству их точек) цветного изображения полотна картины достаточно просто в реализации проводить по параметрам поляризации (цветности) Q, U, V , которые характеризуют картину как объект в целом. В системе координат цвета (I, Q, U, V) первый параметр I представляет интенсивность трех основных цветов (сумма трех параметров Стокса):

$$I = Q + U + V, \quad (4)$$

а при нормировании параметры Стокса можно представить в виде:

$$q = \frac{Q}{I}, u = \frac{U}{I}, v = \frac{V}{I}, \quad (5)$$

которые будут соответствовать насыщенности S :

$$S = 1 - \min(q, u, v) \quad (6)$$

и цветному тону T :

$$T = \arccos \left[\frac{2q - u - v}{\sqrt{6 \left[\left(q - \frac{1}{3} \right)^2 + \left(u - \frac{1}{3} \right)^2 + \left(v - \frac{1}{3} \right)^2 \right]^{1/2}}} \right]. \quad (7)$$

Так как количественно цвет определяется яркостью, которая является психофизиологической характеристикой, то она равнозначна интенсивности в системе координат I, Q, U, V , т. е.:

$$B = I = Q + U + V. \quad (8)$$

Далее рассмотрим систему координат основных цветов, у которой поляризованная световая волна представлена точкой n в подпространстве Стокса $Q, U, V(K, 3, C)$ (рис. 1).

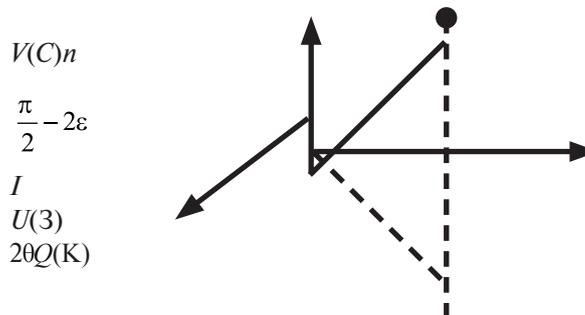


Рис. 1 — Система координат основных цветов

На рис. 1 θ — азимут, ϵ — угол эллиптичности эллипса поляризации полностью поляризованной цветной компоненты рассеянного света, которые определяются из условия:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctg \left(\frac{U}{Q} \right), \quad (9)$$

$$\epsilon = \frac{1}{2} \left[\frac{v}{(Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2}} \right],$$

а степень поляризации определяется как отношение интенсивности полностью поляризованной компоненты цветовой волны к ее общей интенсивности:

$$P = \frac{(Q^2 + U^2 + V^2)^{1/2}}{I}. \quad (10)$$

Степень поляризации P изменяется от нуля для неполяризованного света до единицы для полностью поляризованного и принимает промежуточное значение для частично поляризованного света. Состояние поляризации (яркость соответствующего цвета) представляется точкой n с полярными координатами $(P, (\pi/2 - \epsilon), 2\theta)$. Это соответствует теории о трехцветной колориметрии, высказанной М. В. Ломоносовым еще в 1756 году. В соответствии с этой теорией любой цвет может быть определен относительными количествами трех заранее выбранных линейно-независимых цветов, а следовательно, является величиной трехмерной и может быть представлен точкой или вектором в цветовом пространстве, имеющем три измерения. Длина вектора характеризует яркость анализируемого элемента, а положение вектора — цветовой тон и насыщенность. Смешивая в определенной пропорции основные цвета, получаем все остальные [5].

В соответствии с (3) параметр I при написании картины представляет собой некоторый цвет, полученный смешением трех основных цветов $Q(K), U(3), V(C)$ в определенных пропорциях, завися-

ших от весовых коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, которые характеризуют относительное количество основных цветов, рассматриваемых как излучение (рассеяние) некоторого спектрального состава $Q(\lambda_1), U(\lambda_2), V(\lambda_3)$, где $\lambda_1 = 700 \text{ нм}, \lambda_2 = 546 \text{ нм}, \lambda_3 = 435,8 \text{ нм}$.

Создавая художественное произведение, каждый из живописцев создает цветные элементы картины путем определенного смешения трех основных цветов, имеющих линейную поляризацию. Световые характеристики рассеянного цвета картины будут пропорциональны координатам поляризационных параметров (цветовым координатам). Каждый элементарный участок цветового поля картины будет характеризоваться яркостью определенного цвета, которой соответствует точка n с координатами $Q(K), U(3), V(C)$ (рис. 1).

Для определения цветовых (весовых) коэффициентов, характеризующих относительные количества основных цветов, необходимых для получения заданного цвета, используются следующие соотношения.

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1. \quad (11)$$

Запишем систему уравнений, устанавливающую взаимосвязь между цветом, рассеянным написанной художником картины и облучающим ее светом, представленным поляризационными параметрами Стокса и цветовыми коэффициентами.

$$\begin{aligned} I_{рас} &= \alpha_{11} I_{обл} + \alpha_{12} Q_{обл} + \alpha_{13} U_{обл} + \alpha_{14} V_{обл} \\ Q_{рас} &= \alpha_{21} I_{обл} + \alpha_{22} Q_{обл} + \alpha_{23} U_{обл} + \alpha_{24} V_{обл} \\ U_{рас} &= \alpha_{31} I_{обл} + \alpha_{32} Q_{обл} + \alpha_{33} U_{обл} + \alpha_{34} V_{обл} \\ V_{рас} &= \alpha_{41} I_{обл} + \alpha_{42} Q_{обл} + \alpha_{43} U_{обл} + \alpha_{44} V_{обл} \end{aligned} \quad (12)$$

Полученную систему уравнений запишем в матричной форме.

$$\begin{bmatrix} I_{рас} \\ Q_{рас} \\ U_{рас} \\ V_{рас} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \alpha_{24} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} & \alpha_{34} \\ \alpha_{41} & \alpha_{42} & \alpha_{43} & \alpha_{44} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_{обл} \\ Q_{обл} \\ U_{обл} \\ V_{обл} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Для определения первого столбца цветовых коэффициентов цветное поле картины будем облучать неполяризованным белым светом, тогда матрица параметров Стокса облучающей световой волны запишется в виде:

$$\begin{bmatrix} I'_{обл} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (14)$$

а система линейных уравнений (13) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} I'_{рас} &= \alpha_{11} I'_{обл}; \quad Q'_{рас} = \alpha_{21} I'_{обл}; \quad U'_{рас} = \alpha_{31} I'_{обл}; \\ V'_{рас} &= \alpha_{41} I'_{обл}. \end{aligned} \quad (15)$$

Из (15) определяются весовые цветовые коэффициенты первого столбца матрицы:

$$\alpha_{11} = \frac{I'_{рас}}{I'_{обл}}; \quad \alpha_{21} = \frac{Q'_{рас}}{I'_{обл}}; \quad \alpha_{31} = \frac{U'_{рас}}{I'_{обл}}; \quad \alpha_{41} = \frac{V'_{рас}}{I'_{обл}}. \quad (16)$$

В соотношении (16) весовые коэффициенты $\alpha_{11}, \alpha_{21}, \alpha_{31}, \alpha_{41}$ характеризуют рассеянное цветное поле картины, соответствующее основным трем цветам, при его облучении естественным белым неполяризованным светом.

Коэффициенты $\alpha_{12}, \alpha_{22}, \alpha_{32}, \alpha_{42}$ определяются при облучении картины светом линейной вертикальной поляризации, т. е.

$$\begin{aligned} \alpha_{12} &= \frac{I''_{рас}}{I''_{обл}} - \alpha_{11}; \quad \alpha_{22} = \frac{Q''_{рас}}{I''_{обл}} - \alpha_{21}; \\ \alpha_{32} &= \frac{U''_{рас}}{I''_{обл}} - \alpha_{31}; \quad \alpha_{42} = \frac{V''_{рас}}{I''_{обл}} - \alpha_{41}. \end{aligned} \quad (17)$$

При облучении поля картины линейно-поляризованным светом с наклоном вектора поля под углом 45° получим коэффициенты третьего столбца матрицы (13):

$$\begin{aligned} \alpha_{13} &= \frac{I'''_{рас}}{I'''_{обл}} - \alpha_{11}; \quad \alpha_{23} = \frac{Q'''_{рас}}{I'''_{обл}} - \alpha_{21}; \\ \alpha_{33} &= \frac{U'''_{рас}}{I'''_{обл}} - \alpha_{31}; \quad \alpha_{43} = \frac{V'''_{рас}}{I'''_{обл}} - \alpha_{41}. \end{aligned} \quad (18)$$

Четвертый столбец коэффициентов матрицы (13) получим путем облучения цветного поля картины световой волной круговой поляризации.

$$\begin{aligned} \alpha_{14} &= \frac{I^{IV}_{рас}}{I^{IV}_{обл}} - \alpha_{11}; \quad \alpha_{24} = \frac{Q^{IV}_{рас}}{I^{IV}_{обл}} - \alpha_{21}; \\ \alpha_{34} &= \frac{U^{IV}_{рас}}{I^{IV}_{обл}} - \alpha_{31}; \quad \alpha_{44} = \frac{V^{IV}_{рас}}{I^{IV}_{обл}} - \alpha_{41}. \end{aligned} \quad (19)$$

Весовые коэффициенты α_{ij} , соответствующие определенным цветовым спектральным характеристикам, позволяют оценить воздействие света на психофизическое состояние студентов, влияющее на творческий процесс при обучении будущих художников, профессиональная подготовка кото-

рых интегрирует в себе приобретение необходимых общих и специальных знаний, умений и навыков, профессионально важных качеств, обеспечивающих развитие их индивидуальной личности. В процессе профессиональной подготовки студентов отмечаются изменения психофизиологических свойств, характеризующих процесс развития индивидуального подхода к творческому процессу, когнитивных функций, улучшение внимания, индивидуального психологического развития и формирования профессиональных качеств личности.

Таким образом, исследование психофизиологических показателей позволит выявить уровень успешности обучения с учетом цветового воздействия на умения и навыки в формировании будущего специалиста в процессе обучения в художественных вузах. На старших курсах, по всей видимости, уже существует тесная корреляционная связь между психофизиологическим статусом и итогами производственной практики (пленэра), где проявляются индивидуально-личностные особенности каждого студента. Представляет определенный научный интерес установление взаимосвязи психофизиологических и социально-психологических свойств с активно-пассивным отношением к художественному творчеству и в целом к единой функциональной психофизиологической и социально-психологической интеграции. Результаты исследования позволят с помощью психофизиологических методов (цветовое воздействие) управлять процессом формирования будущей профессиональной деятельности в процессе обучения с учетом личностных качеств.

Непосредственно для учета цветового воздействия на личностные качества студентов использовались результаты тестирования студентов по воздействию на их психофизиологическое состояние различных цветов с применением критерия точной вероятности Фишера. Напомним, что критерий Фишера позволяет получить точные значения вероятности событий, столь же или еще менее вероятных, чем те, которые в действительности наблюдались. Этот критерий особенно полезен при малых значениях выборок $N(N \leq 30)$. Однако в общем случае связанные с ним вычислительные процедуры являются достаточно сложными и трудоемкими. Поэтому при рассмотрении критерия Фишера ограничимся изучением процедуры использования таблицы D [6] критических значений A или N . Таблица D будет нами использована при суммарном объеме обеих выборок N , не превышающих 30, однако при этом ни одна из этих сумм по строкам ($A+B$ и $C+D$) не должна превышать 15. В качестве примера проведем тестирование влияния красного цвета на психофизиологическое со-

стояние студентов I и III курсов художественного факультета Одесского художественного училища им. М. Б. Грекова. В тестировании участвовала группа из 28 студентов (16 студентов первого курса и 12 студентов третьего курса). Было выявлено, что на 11 студентов первого курса и 2 студентов третьего курса красный цвет не оказывал влияния на их психофизиологическое состояние, а 5 студентов первого курса и 10 студентов третьего курса признали влияние красного цвета на их психофизиологическое состояние. В данном случае объем обеих выборок $N \leq 30$. Сведем данные в табл. 1. Анализ данных табл. 1 показывает, что одна из сумм по строкам превышает 15. Однако при этом обе суммы по столбцам ($A+C$) и ($B+D$) не превышают 15, поэтому данные могут быть приведены в виде, позволяющем использовать таблицу D [6].

Таблица 1 — Результаты тестирования влияния красного цвета на психофизиологическое состояние студентов

	Высказались «против»	Высказались «за»	Сумма по строкам
Студенты I курса	11 <i>A</i>	5 <i>B</i>	$A+B=16$
Студенты III курса	2 <i>C</i>	10 <i>D</i>	$C+D=12$
Суммы по столбцам	13	15	$N=28$

В соответствии с таблицей D преобразуем результаты тестирования, приведенные в табл. 1, и, преобразовав их, представим в табл. 2.

Обратившись к таблице D при $A+B=15$, $C+D=13$, $B=10$ (см. табл. 2), мы находим, что необходимые для отклонения H_0 при $\alpha=0,05$ значения D определяются из условия $D \leq 2$. Поскольку наблюдаемое значение D равно 2, H_0 отклоняется. При использовании критерия Фишера мы обозначили α через уровень значимости, устанавливаемый для принятия отклоняющего решения.

Таблица 2 — Преобразованные данные тестирования таблицы 1

	Студенты I курса	Студенты III курса	Сумма по строкам
Высказались «против»	5 <i>A</i>	10 <i>B</i>	$A+B=15$
Высказались «за»	11 <i>C</i>	2 <i>D</i>	$C+D=13$
Суммы по столбцам	16	12	$N=28$

При 5 %-м уровне значимости ($\alpha=0,05$) через H_0 обозначим нулевую статистическую гипотезу, которую предполагается отклонить. В генеральной совокупности доля студентов, дающих положительный ответ на определенный вопрос, равна 0,5 или доли равны между собой. Далее представим алгоритм процедуры тестирования в виде пяти шагов:

Шаг 1. Записываем задачу в формальном статистическом виде:

а) нулевая гипотеза H_0 : в генеральной совокупности доли студентов I и III курсов, на которых воздействует красный цвет, совпадают;

б) альтернативная гипотеза H_1 : в генеральной совокупности доли студентов I и III курсов, на которых воздействует красный цвет, не совпадают;

в) статистический критерий: поскольку данные представляют собой наблюдаемые значения частот и $N \leq 30$, подходящим критерием будет критерий точной вероятности Фишера;

г) уровень значимости: $\alpha=0,05$ критерий двухсторонний;

д) критическое значение: мы оставим его неопределенным до тех пор, пока не рассмотрим процедуру использования таблицы D .

Шаг 2. Находим значение $A+B$ в таблице D в столбце «Суммы по строкам» (для нашей задачи $A+B=15$).

Шаг 3. В этой же секции находим значение $C+D$. В секции для $A+B=15$ находим $C+D=13$.

Шаг 4. В столбце B (или A) приводятся несколько различных значений B . Если ни одно из них не соответствует наблюдаемому значению B , воспользуемся вместо него значением A (для данной задачи $B=10$).

Шаг 5. Теперь находим в таблице D критическое значение D , определяющее границу значимости при выбранном α . Если наблюдаемое значение D меньше или равно критическому значению, то H_0 отклоняется (в случае использования A на шаге 4, нужно заменить на шаге 5 D на C).

В нашей задаче при $A+B=16$, $C+D=12$ и $B=5$ мы находим, что значения D , определяемые условием $D \leq 3$, являются значимыми при $\alpha=0,05$ и двухстороннем критерии. Обратившись к полученной табл. 1 сопряженности признаков 2×2 , выясняем, что наблюдаемое значение частоты для клетки D равно 2. Поскольку наблюдаемое значение D меньше 3, мы отклоняем H_0 и принимаем H_1 .

Выводы

1. Показана возможность использования поляризационных параметров световой волны для количественного определения координат основных цветов.

2. Яркость соответствующего цвета определяется степенью поляризации в системе координат основных цветов.

3. Определен алгоритм нахождения весовых цветовых коэффициентов, характеризующих относительные количества основных цветов.

4. Установлено, что с помощью критерия Фишера определяется точное значение вероятности влияния цвета на психофизиологическое состояние студентов.

Список цитированных источников

1. Претт, У. Цифровая обработка изображений / У. Претт. — М., 1982.
2. Rosenfeld, A. A Nonlinear Edge Detection Technique / A. Rosenfeld // Proceedings IEEE. — Vol. 58, No. 5.
3. Robinson G. S. Color Edge Detection / Robinson G. S. // Proceeding SPIE Symposium on Advances in Image Transmission Techniques. — 1976. — Vol. 87.
4. Nevatia, R. Hueckel Color Edge Detector / Nevatia R. // University of Southern California, Image Processing Institute, Report USCIP1 660, March 1976. — P. 70—81.
5. Абакумов, В. Г. Фотоэлектрические сканирующие устройства преобразования информации / В. Г. Абакумов. — Киев, 1979.
6. Runyon, R. P. Nonparametric statistics: a contemporary approach / R. P. Runyon. — Reading, 1977.

Дата поступления в редакцию: 19.10.2014 г.