

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ В СИСТЕМЕ ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

DOI: 10.24888/2500-1957-2026-3-10-24

УДК
373.5.02

**ИНСТРУМЕНТИРОВАНИЕ МАТЕМАТИКО-ЦИФРОВЫХ
КОМПЕТЕНЦИЙ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ
НАСТРОЙКИ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ
МОДЕЛЕЙ RGB И HSV)**

Власова-Галасеева Наталия Михайловна
старший преподаватель
Смирнов Евгений Иванович
д.п.н., профессор,
ведущий научный сотрудник

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского
Ярославский государственный педагогический университет им.
К.Д. Ушинского; Южный математический институт – филиал Владикавказского
научного центра РАН

Аннотация. В современном обществе математика становится серьёзным инструментом для решения широкого круга задач (анализ экономических процессов, оптимизация производства, настройка систем машинного зрения и т. д.). В контексте цифровизации образования и освоения робототехнических систем особую значимость приобретает математико-цифровая компетентность школьников – как интегративное качество, образующее симбиоз математических компетенций с умением применять цифровые инструменты для решения сложных практико-ориентированных задач. Проблема исследования: каковы этапы и условия методического инструментария формирования математико-цифровых компетенций школьников в процессе настройки цветовосприятия робототехнических систем. Цель исследования: выявить параметры и содержание симбиоза математических и цифровых компетенций при настройке инструментов цветовой модели RGB и HSV робототехнических систем в дополнительном образовании школьников. Методы исследования: сложностная парадигма Э. Морена, математическое и компьютерное моделирование, алгоритмы обработки данных цветовой модели RGB и HSV, обработка и программирование сенсорной информации, проектное обучение. Результаты исследования: компоненты эпистемологии инструментария математико-цифровых компетенций, параметры математико-цифровой оснащённости цветовой модели RGB и HSV робототехнических систем, иерархический комплекс подзадач многоэтапного математико-цифрового задания, модель инструментария математико-цифровых компетенций школьника.

Ключевые слова: робототехника, математико-цифровые компетенции, цветовая модель RGB, цветовая модель HSV

Для цитирования: Власова-Галасеева Н.М., Смирнов Е.И. Инструментирование математико-цифровых компетенций школьников в процессе настройки

цветовосприятия робототехнических систем (на примере моделей RGB и HSV) // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2026. № 3 (43). С. 10–24. doi.org/10.24888/2500-1957-2026-3-10-24

Права: © Н.М. Власова-Галасеева, Е.И. Смирнов (2026). Опубликовано Елецким государственным университетом им. И.А. Бунина. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY 4.0

Введение

В робототехнике цветовые модели помогают распознавать объекты по цвету, выделять целевые зоны на изображении, ориентироваться в пространстве с помощью цветных меток, сортировать предметы по цветовым признакам. Цветовая модель в робототехнике – это математический способ представления цветов посредством числовых значений (как правило, трёх- или четырёх компонентов), который используется для распознавания и анализа объектов в системах технического зрения роботов. Эти компоненты называют цветовыми координатами (или цветовыми компонентами). Ученые и практики разрабатывают цветовые пространства и преобразования, которые минимизируют эту зависимость от интенсивности освещения (модель HSY (Xin Luan, 2010), c1c2c3, l1l2l3, m1m2m3 (Mohan Sridharana), моделирование распределений цветов – 3D-гауссианы для каждого цвета). Интеграция цветовых моделей с алгоритмами компьютерного зрения позволяет роботам эффективно взаимодействовать с окружающим миром, распознавая и интерпретируя цветовые сигналы. Совокупность всех возможных комбинаций цветовых координат образует цветовое пространство – многомерное пространство, где каждой точке соответствует определённый цвет в рамках данной модели. При взаимодействии с робототехническими системами школьники часто встречаются с необходимостью анализа цвета и изображения, когда фактор корректного чтения цвета часто определяет дальнейшие адекватные действия по управлению роботом. При этом эмпирически выявлен низкий уровень умения школьников в определении цвета, используя специализированные датчики, недостаточное развитие математико-цифровых компетенций. Возможность исследования робототехнических систем со сложным инструментарием соответствует сложностной парадигме Э. Морена (Смирнов, 2025), которая лежит в основе эффективного развития личностных качеств обучающихся, в том числе, формирования математико-цифровой грамотности школьников. *Проблема исследования:* каковы этапы и условия методического инструментирования формирования математико-цифровых компетенций школьников в процессе настройки цветовосприятия робототехнических систем. *Цель исследования:* выявить параметры и содержание симбиоза математических и цифровых компетенций при настройке инструментов цветовых моделей RGB и HSV робототехнических систем в дополнительном образовании школьников. При этом математические механизмы и алгоритмы, отвечающие за определение цвета, осознаются обучающимися редко и доказывают необходимость и актуальность междисциплинарного подхода в системе робототехнического образования.

Методология и методы

Формирование математико-цифровой компетентности школьников в дополнительном образовании имеет ряд особенностей в контексте освоения робототехнических устройств. В робототехнике симбиоз математического и компьютерного моделирования является необходимым фактором решения практико-ориентированных задач: расчёта параметров механизмов, программирования движений, анализа данных с датчиков, калибровке движения робота, использование и программирование микроконтроллеров и датчиков, равно как и развитие алгоритмического и вычислительного мышления обучающихся. *Математико-цифровая компетентность обучающегося – это интегративное качество личности, актуализирующее возможности и способности реализовать потенциал симбиоза математических компетенций с умением применять цифровые инструменты для решения сложных практико-ориентированных задач.* Необходимость физического и концептуального моделирования,

статистика работы с данными, естественность проектных заданий и широта применяемых разделов математики и информатики создают целостный фактор направленного формирования математико-цифровой компетентности обучающихся (Дворяткина, 2020; Dvoryatkina, 2016; Dvoryatkina, 2021; Смирнов, 2016; Секованов, 2025).

При этом возможности инструментализации практико-ориентированных действий в контексте математического и компьютерного моделирования создают насыщенную образовательную среду формирования математико-цифровых компетенций обучающихся (рис. 1). При этом возможность использования робототехнических платформ (например, LEGO Mindstorms, Arduino) при выполнении многоэтапных математико-информационных заданий, сбор данных о движении робота и построение графиков зависимостей, взаимопереходы знаковых систем и рефлексивный контроль активно содействуют взаимодействию и диалогу культур среди обучающихся дополнительного образования.



Рис. 1. Симбиоз концептуального, математического и компьютерного моделирования в освоения робототехники

Важным направлением в освоении робототехнических систем является деятельность по управлению цветом и интеграция цветовых моделей с алгоритмами компьютерного зрения, что позволяет роботам эффективно взаимодействовать с окружающим миром, распознавая и интерпретируя цветовые сигналы. Самым распространенным цветовым пространством, которое используется в инструментарии робототехнических устройств, является цветовое пространство RGB. В основе *цветового формата RGB* (*R* – red, *G* – green, *B* – blue) лежит воспроизведение цвета путём сложения трёх основных цветов: красного, зелёного и синего. За каждый цвет отвечает определённый канал датчика, который определяет количество компоненты соответствующего цвета в просматриваемом (Гриневич, 2023).

Материалы и инструментарий

RGB модель аддитивна, каждый цвет формируется путём линейных комбинаций трёх аддитивных компонент (красный, синий, зелёный), каждая в своей пропорции. Цветообразование происходит наложением световых потоков с разной длиной волны. Цветовое про-

пространство RGB математически представляется в виде трёхмерного куба, где каждая точка независимо от того, где она находится (вершина, ребро, внутри куба) представляет собой уникальный цвет. Нулевая точка – чёрный цвет (точка, где насыщенность других цветов отсутствует), оси координат соответствуют основным цветам: X – красный, Y – зелёный, Z – синий (рис. 1). Каждая точка имеет три координаты – степень насыщенности каждого из трёх основных цветов (рис. 2) (Гриневич, 2023).

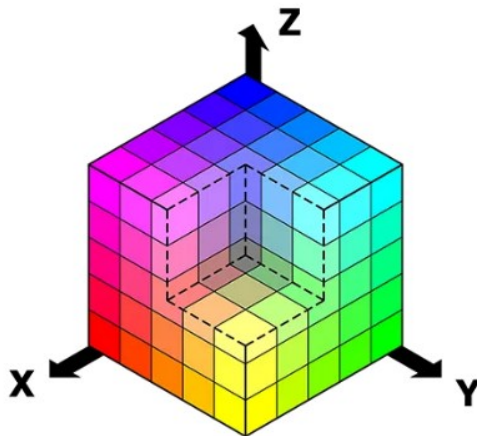


Рис. 2. Цветовое пространство RGB куба

Интенсивность каждого цвета измеряется в диапазоне $[0, 1]$ или $[0, 255]$ в 8-битной реализации. Максимальная интенсивность каждой из компонент даёт белый цвет. В таком случае каждый цвет в модели RGB можно представить в виде вектора в этом пространстве. Уравнение вектора цвета выглядит так:

$$\vec{C} = r\vec{R} + g\vec{G} + b\vec{B},$$

где r, g, b – коэффициенты (интенсивности соответствующих компонентов), а $\vec{R}, \vec{G}, \vec{B}$ – базисные векторы, соответствующие красному, зелёному и синему цветам. Направление вектора определяет цвет, а его модуль – яркость. Если каждый цвет определять, как точку (или вектор) в кубе, то несложно рассчитать расстояние между этими точками, выразив в виде числа, на сколько они схожи. Пусть $C1(r1, g1, b1)$ и $C2(r2, g2, b2)$ – это точки двух разных цветов. Тогда расстояние между ними (d). При этом имеем вычисление

$$d = \sqrt{(r2 - r1)^2 + (g2 - g1)^2 + (b2 - b1)^2}$$

В цветовой модели (цветовой формат HSV (H – Hue, S – Saturation, V – value)) координатами являются: цветовой тон (оттенок) (например, красный, зелёный и т. д.), насыщенность и яркость. Оттенок (V) определяется от 0 до 360 градусов (таблица 1), возможно приведение к другим диапазонам, например, от 0 до 100.

Таблица 1.
Расположение основных цветов

Оттенок	красный	жёлтый	зелёный	голубой	синий	пурпурный
Градусная мера	0	60	120	180	240	300

Насыщенность (S) изменяется в процентах, в диапазоне от 0 до 100 (или от 0 до 1), чем выше значение параметра, тем чище и интенсивнее цвет, при приближении значения к нулю происходит утрата оттенка. Яркость (V) варьируется также в процентах, в пределах от 0 до 100 (или от 0 до 1). Рассмотрим проекцию цветового куба RGB в направлении диагона-

ли «чёрный – белый», в результате получится шестиугольник. Все серые цвета, которые лежали на диагонали «чёрный-белый» куба, проецируются в центральную точку (рис. 3). Добавим вертикальную ось светлоты – получится шестигранный конус (Geenath, 2025).

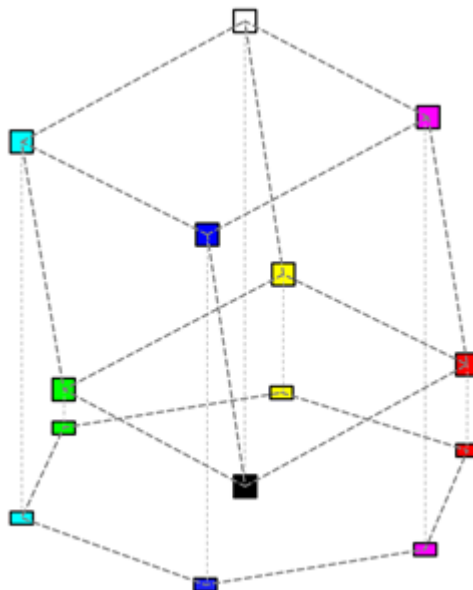


Рис. 3. Проекция цветового куба RGB в направлении диагоналей «чёрный-белый»

Геометрически, используя цилиндрическую систему координат (s, h, v) , HSV цветовая модель определяется, как шестигранный конус, поставленный на вершину (рис. 4).

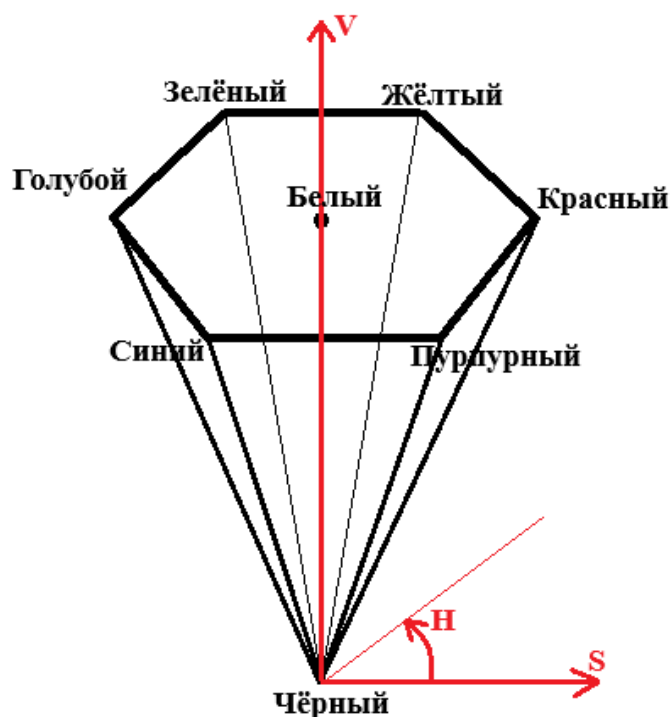


Рис. 4. Геометрическое представление HSV модели

Таким образом, цветовой круг делится на шесть сегментов:

- $0^\circ - 60^\circ$ – красно-жёлтая зона;
- $60^\circ - 120^\circ$ – жёлто-зелёная зона;
- $120^\circ - 180^\circ$ – зелёно-голубая зона;

- $180^\circ - 240^\circ$ – голубо-синяя зона;
- $240^\circ - 300^\circ$ – сине-пурпурная зона;
- $300^\circ - 360^\circ$ – пурпурно-красная зона.

Обычно датчики цвета читают информацию о цвете в RGB формате, для работы с HSV моделью необходим перевод координат в неё.

Результаты и практическая реализация

При практической реализации цветового пространства RGB недостаточно считать показания компонент трёхмерного куба (рис. 1). Диапазон $[0; 255]$ – это условность для веб-графики, в работе с реальным датчиком диапазон определяется мощностью подсветки, чувствительностью фотодиодов, разрядностью аналогово-цифрового преобразователя. Максимальное значение для каждой компоненты найдём эмпирически: проведём замер на яркой белой поверхности, будем проводить измерения некоторое время, выберем из всех значений максимальное.

1. Считаем значения RGB, используя датчик цвета Lego Mindstorms EV3 (рис. 3) и среду программирования Clever, учитывая, что его необходимо держать над поверхностью на расстоянии ≈ 10 мм. Для чтения цветовых компонент используется массив из трёх элементов.

```
Sensor.SetMode(1, 4)
LCD.Clear()
R_max = 0
G_max = 0
B_max = 0
while 1 = 1
    Color_mas = Sensor.ReadRaw(1, 3)
    if Color_mas[0] > R_max Then
        R_max = Color_mas[0]
    EndIf
    if Color_mas[1] > G_max Then
        G_max = Color_mas[1]
    EndIf
    if Color_mas[2] > B_max Then
        B_max = Color_mas[2]
    EndIf
    LCD.Write(0, 0, R_max)
    LCD.Write(0, 10, G_max)
    LCD.Write(0, 20, B_max)
EndWhile
```

Листинг 1. Получение максимально возможных значений компонент красного, зелёного и синего

Получились значения для красной, зелёной и синей компоненты 243, 245 и 526 соответственно. Чтобы приводить считываемые значения в стандартный вид необходимо применить линейное масштабирование.

$$\begin{aligned}
 R &= (R_{\text{текущая}} \times 255) \div 243 \\
 G &= (G_{\text{текущая}} \times 255) \div 245 \\
 B &= (B_{\text{текущая}} \times 255) \div 526
 \end{aligned}$$

```
LCD.Clear()
While 1 = 1
    Color_mas = Sensor.ReadRaw(1, 3)
    R = Color_mas[0] * 255 / 243
    R = Math.Floor(R)
    G = Color_mas[1] * 255 / 245
    G = Math.Floor(G)
    B = Color_mas[2] * 255 / 526
```

```
B = Math.Floor(B)
LCD.Write(0, 0, R)
LCD.Write(0, 10, G)
LCD.Write(0, 20, B)
EndWhile
```

Листинг 2. Определение компонент стандартного вида

На красном цвете получены показания (149, 25, 61), компонента, соответствующая красному цвету, имеет самое большое значение. На синем цвете получены показания (16, 26, 135), самое высокое значение имеет компонента, отвечающая за синий цвет. Определим эти точки, как эталонные. Теперь будем показывать датчику цвета и выводить расстояние, до красного (Sred) и синего (Sblue). Например, возвращаются значения красной, зелёной и синей компонент 123, 30, 31 соответственно. Рассчитаем расстояния.

$$Rred = \sqrt{(123 - 149)^2 + (30 - 25)^2 + (31 - 61)^2} \approx 40,01.$$

$$Rblue = \sqrt{(123 - 16)^2 + (30 - 26)^2 + (31 - 135)^2} \approx 149,27.$$

Очевидно, что расстояние до эталонного красного ближе, чем до синего, можно сделать вывод, что цвет скорее красный, чем синий. При помощи представления RGB модели в виде куба, становится реально геометрически определить расстояние между точками, и чем оно меньше, тем больше сходство между цветами в этих точках. Три независимых параметра R , G , B идеально подходят для визуализации в трёхмерном пространстве, и обеспечивается математическая основа для работы с цветами в аддитивной модели.

Тип 1. Знакомство с RGB. Получение и нормализация данных.

Цель: научить получать данные с датчика в виде (RGB) и приводить их к стандартному виду (0–255).

Задачи:

1. Подключите датчик цвета к роботу. Выведите на экран три числа (R , G , B) для белого и чёрного фонов. Объясните, почему числа не равны 255 и 0.
2. Напишите функцию, которая ищет максимальные значения для компонентов R , G , B для белого цвета при текущем освещении.
3. Используя найденные максимумы, примените формулу нормализации. Добейтесь, чтобы на белом листе датчик возвращал значение для каждой из компонент не менее 235.
4. Если после нормализации сумма $R+G+B$ меньше, например, 50, робот должен обозначить этот факт звуковым или световым сигналом. Реализуйте это.
5. Реализуйте программу ожидания красного цвета: при значениях: $R > 200$, $G < 100$, $B < 100$ – включить световую индикацию.

Тип 2. Цветовая метрика. Расчёт расстояний.

Цель: научить сравнивать цвета математически.

Задачи:

1. Даны эталон красного цвета (255, 0, 0) и значения RGB текущей точки (230, 40, 20). Вычислите вручную, насколько этот цвет близок к красному.
2. У вас есть три эталона: красный (255, 0, 0), зелёный (0, 255, 0), синий (0, 0, 255). Датчик показал (190, 70, 50). Напишите алгоритм, который определит, к какому эталону ближе текущий цвет.
3. Вычислите максимально возможное расстояние в цветовом кубе и округлите до целого.
4. Необходимо доехать до синего кубика. Допустим, расстояние до эталона синего равно 30. На пути у робота появляется фиолетовый кубик. Установите пороговое значение для остановки (например, 63).
5. Датчик, направленный на одинаковые желтые цвета, выдает показания с небольшими помехами: (245, 240, 0) и (250, 235, 5). Объясните, почему так.

6. На конвейере 3 цвета. Робот должен брать деталь «максимально чистого зелёного цвета» (например, если расстояние до эталона зелёного < 30). Реализуйте алгоритм.

Для выполнения первых двух типов задач обучающиеся осваивают два последовательных этапа работы с цветом. Сначала они учатся нормализовать сырые показания датчика: калибруют максимумы по белому листу и приводят значения R , G , B к диапазону 0–255, чтобы устранить зависимость от освещения. Затем они осваивают математическое сравнение цветов через вычисление евклидова расстояния между точками в трёхмерном пространстве RGB. На практике это означает: обучающиеся берут эталонный цвет, вычисляют расстояние от текущих значений RGB до эталонных и принимают решение на основе величины этого расстояния и заданного порога. Такой подход позволяет роботу устойчиво распознавать цвета даже при изменении яркости и небольших помехах датчика.

При изучении модели RGB у обучающихся формируются комплексные математические компетенции, включающие работу с различными числовыми диапазонами: от целочисленных значений (0–255) до нормализованных (0–1), что требует понимания принципов масштабирования и выполнения пропорциональных преобразований. Школьники осваивают операции с упорядоченными тройками вида (R, G, B) , анализируя их как математические векторы, сравнивая компоненты и определяя экстремальные значения (максимум и минимум). Существенным элементом является знакомство с основами линейной алгебры: RGB модель интерпретируется как трёхмерное пространство, где цвет представлен точкой в кубе, что развивает пространственное мышление. Кроме того, учащиеся совершенствуют арифметические навыки – выполняют деление, умножение и вычитание в контексте нормализации, а также работают с десятичными дробями.

При этом формируются информационные компетенции: школьники осознают, как система кодирует цвет. Развивается алгоритмическое мышление – обучающиеся выстраивают последовательность действий для нормализации RGB и применяют условные операторы при анализе цветовых компонентов. На практике это реализуется через программирование. Обучающиеся приобретают умение интерпретировать числовые значения как конкретные цвета, устанавливая прямую связь между абстрактными математическими выражениями и визуально наблюдаемыми результатами, что демонстрирует прикладную ценность математических и информационных знаний в задачах обработки изображений.

2. Так как обычно датчики цвета читают информацию о цвете в RGB формате, для работы с HSV моделью необходим перевод координат в неё. Изначально производим подготовку данных, переводом в диапазон $[0, 1]$.

$$R' = \frac{R}{255}; G' = \frac{G}{255}; B' = \frac{B}{255}$$

Что бы получить максимальную яркость и разброс значений, найдём максимальное (Max) и минимальное (Min) значение из R' , G' и B' . Разброс значений будет равен разности максимального и минимального значений.

$$V = \text{Max}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{если Max} = 0 \\ \frac{\text{Max} - \text{Min}}{\text{Max}} \end{cases}$$

В случае нулевого максимального значения, сделаем вывод, что все компоненты RGB равны нулю, это чёрный цвет, значит насыщенность других цветов также равна нулю. Иначе чистота цвета прямо пропорциональна разбросу значений. При преобразовании из RGB в HSV вычисление оттенка (H), задаваемого углом от 0 до 360 градусов – это ключевая задача. Алгоритм опирается на геометрическую интерпретацию цветового круга и условное разбиение спектра на 6 сегментов по 60° каждый. Формула вычисления оттенка имеет вид:

$$H = 60^\circ \times \left(\frac{\text{разность двух меньших компонентов}}{\text{Max} - \text{Min}} + k \right)$$

Частное разности двух меньших компонентов (из RGB) и разности максимума и минимума показывает относительное положение внутри сегмента 60° , k – это целочисленный сдвиг, соответствующий начальному углу сегмента (0, 2, 4).

Таблица 2.
Вычисление компонента H в зависимости от Max

$\text{Max} = R'$	$H = 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\text{Max} - \text{Min}} \bmod 6 \right)$ Когда R' максимален, оттенок лежит в секторах, примыкающих к красному: - от 0° до 60° (красно-жёлтый); - от 300° до 360° (пурпурно-красный). Разность показывает, куда смещён цвет: - если, цвет уходит в жёлтую область (0°–60°); - если, цвет уходит в пурпурную область (300°–360°). Деление на разность Max и Min нормализует значение в диапазон $[-1, 1]$, это соответствует смещению внутри сегмента. Операция «остаток от деления» обеспечивает корректный результат, в случае получения результата за пределами $[0, 6)$.
$\text{Max} = G'$	$H = 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\text{Max} - \text{Min}} + 2 \right)$ Зелёный находится на 120° от красного, этим обусловлено «+2» в формуле.
$\text{Max} = B'$	$H = 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\text{Max} - \text{Min}} + 4 \right)$

Если $\text{Max} = \text{Min}$, то все компоненты равны, следовательно цвет серый и компонента $H = 0^\circ$. Таким образом, формулы получения оттенка строятся на трёх принципах:

- Сегментация круга (красный 0° , зелёный – 120° и т. д.);
- Нормализация разности двух меньших компонентов (получение сдвига внутри сегмента);
- Цикличность (корректная обработка переходов через $0^\circ/360^\circ$).

На практике это выглядит следующим образом (рис. 3), при использовании среды разработки Clever.

```

R1 = R / 255
G1 = G / 255
B1 = B / 255
Max = Math.Max(R1, Math.Max(G1, B1))
Min = Math.Min(R1, Math.Min(G1, B1))
V = Max
if Max = 0 Then
    S = 0
Else
    S = (Max - Min) / Max
EndIf
if Max = Min Then
    H = 0
ElseIf Max = R1 Then
    H = 60 * Math.Remainder(((G1 - B1) / (Max - Min)), 6)

```

```

ElseIf Max = G1 Then
    H = 60 * ((B1 - R1) / (Max - Min) + 2)
ElseIf Max = B1 Then
    H = 60 * ((R1 - G1) / (Max - Min) + 4)
EndIf

LCD.Write(30, 10, S)
LCD.Write(30, 20, V)
LCD.Write(30, 0, H)

```

Листинг 3. Определение компонент HSV

При тестировании работоспособности программы, «покажем» датчику синий и красный цвета. На синем цвете получились значения: $H = 227$, $S = 0,76$, $V = 0,21$. Значение H попадает в сегмент $180^\circ - 240^\circ$ – зона перехода от голубого к синему, ближе к синему. Значение S говорит о том, что цвет интенсивный (далеко от серого), значение V показывает, что цвет достаточно тёмный. На красном цвете получились значения: $H = 353,5$, $S = 0,82$, $V = 0,31$. Оттенок близок к чистому красному, цвет яркий и достаточно тёмный, но не чёрный. При работе с моделью HSV у обучающихся формируются значимые математические компетенции: они осваивают геометрическую интерпретацию цветового круга как цилиндрической системы координат, а также применяют модульную арифметику для корректного замыкания цветового спектра. Школьники учатся выполнять пропорциональные расчёты, а именно нормируют разности компонентов для получения относительных значений и проводят интерполяцию внутри 60-градусных сегментов, а также анализируют условия выбора формул для вычисления H в зависимости от максимального компонента, отработывая обработку особых случаев ($M = 0$, $M = m$) и контроль значений в заданных интервалах. В информационной части обучающиеся реализуют алгоритмы преобразования между RGB и HSV, отработывая отладку кода при граничных значениях, и структурируют данные. Самым интересным этапом становится тестирование: школьники проверяют корректность преобразований на реальных цветах и анализируют ошибки при выходе параметров за допустимые диапазоны, что закрепляет понимание взаимосвязи математических моделей и их практической реализации.

3. В процессе изложения теоретического материала обучающимся предлагается решить практические задачи, направленные на закрепление навыков работы с цветовыми моделями RGB и HSV и принятия решений о цвете на основе полученных данных.

Тип 3 тип. Преобразование координат (RGB -> HSV).

Цель: научиться переводить цвет из кубической модели (RGB) в цилиндрическую (HSV).

Задачи:

1. Дана точка в RGB (100, 200, 50). Вычислите H (оттенок) вручную, используя формулы.
2. Один и тот же красный предмет при ярком солнце дает (255, 50, 50), а в тени (80, 15, 15). В RGB расстояния до эталона (255,0,0) будут сильно различаться. Переведите оба показания в HSV и сравните значение H , сделайте вывод по полученному результату.
3. Придумайте два таких цвета в RGB (разной яркости, но одного тона), чтобы расстояние между ними в RGB было более 200, а расстояние в HSV (по оттенку) было менее 10.
4. Определите координаты RGB у серого цвета. Переведите его в HSV. Чему равно S ? Объясните, почему так происходит.
5. Робот ищет яркий желтый мяч на зеленой траве. Почему в модели HSV проще отсечь траву (зеленый тон), чем в RGB, где трава и мяч отличаются и по яркости, и по синему каналу?
6. В комнате темнеет. Значение V в HSV упало с 0.9 до 0.3. Как это повлияет на алгоритм определения цвета, если мы смотрим только на H ?

Тип 4. Принятие решений о цвете с учётом цикличности

Цель: научить определять цвет по компонентам HSV с учётом цикличности оттенка и заданных порогов насыщенности и яркости.

Задачи:

1. Вычислить расстояние между оттенками 350° и 10° с учётом цикличности;
2. Разработать функцию, которая правильно вычисляет разницу между двумя значениями оттенка, учитывая, что шкала оттенков замкнута в круг;
3. Определять, является ли объект цветным или серым/чёрным, на основе значений насыщенности и яркости;
4. Сравнить устойчивость распознавания цвета в RGB и HSV при изменении освещения.

В задачах третьего типа рекомендуется особое внимание уделить преобразованию цветовых координат из модели RGB в HSV, научиться отделять оттенок от яркости и насыщенности. При выполнении задач четвёртого типа важно освоить корректное сравнение угловых значений оттенка с учётом цикличности и научиться принимать решение о цвете на основе всех трёх компонентов HSV, отличая цветные объекты от серых и чёрных по значениям насыщенности и яркости.

Практическая реализация методического инструментария математико-цифровых компетенций обучающихся в системе дополнительного образования в процессе настройки цветовосприятия робототехнических систем в контексте полугодового обучения показало академический рост, актуализацию мотивационной сферы как математических, так и цифровых компетенций обучающихся. Лонгитюдная динамика роста показателей результативности по названным параметрам по 3-м corteжам измерений показала следующую картину (таблица 3).

Таблица 3.

Динамика роста показателей результативности по параметрам математической и цифровой компетентности, актуализации мотивационной сферы обучающихся по 3-м corteжам измерений

Параметры результативности	Число обучающихся	1 - срез	2 - срез	3 - срез
Математические знания школьной программы	16	44%	62%	87%
Цифровые знания школьной программы	16	38%	70%	92%
Мотивационная сфера учения	16	31%	50%	87%

Заключение

Реализация методического инструментария при изучении цветовых моделей RGB и HSV робототехнических устройств выступает мощным инструментом формирования математико-цифровых компетенций. Расширенное (по сравнению со школьной программой) освоение математических знаний, таких как: работа с числовыми множествами и интервалами, геометрическая интерпретация данных, понимание векторных пространств и нормализаций, а также цифрового обеспечения: программирование преобразований данных, обработка сенсорной информации, отладка и тестирование кода создают эффективность формирования математико-цифровых компетенций как взаимосвязанных конструктов освоения робототехнических устройств. Практическая направленность результатов позволяет интегрировать математику и информатику посредством актуализации математического и цифрового инструментария через задачи робототехники, даёт обучающимся опыт решения реальных инженерных задач, формирует цифровую компетентность в контексте работы с визуальными данными. При этом освоение RGB и HSV инструментальными средствами не только углубляет понимание математических операций и компьютерного моделирования, но и готовит школьников к работе с более современными технологиями, включая искусственный интеллект. Дан-

ное направление возможно развивать, изучая другие цветовые модели, а также использовать начальные методы обучению машинному зрению.

Список литературы

- Валеев И.И. Функциональная математическая грамотность как основа формирования и развития математической компетенции [Электронный ресурс] // Вестник Казанского федерального университета. 2020. № 4. С. 120–128. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.417
- Гриневич Е.А., Лефанова И.В., Антонович А.А., Кот Е.В. Конвертер RGB HSV в системе компьютерного зрения // Научные труды БГУ. 2023. № 4. С. 45–52. DOI: 10.12345/abcde.
- Дворяткина С.Н., Щербатых С.В. Теоретико-методическое обеспечение фрактального формирования и развития вероятностного стиля мышления в процессе обучения математике. М.: Флинта, 2020.
- Морен Э. О сложности. М.: Институт общегуманитарных исследований, 2019.
- Секованов В.С., Смирнов Е.И., Секованова Л.А., Щепин Р.А. Развитие креативности студентов в исследовании многоэтапных математико-информационных заданий по фрактальной геометрии // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование. 2025. № 2. С. 53–70. DOI: 10.24888/2500-1957-2025-2-53-70
- Смирнов Е.И. Интеграция науки и школьного математического образования как фактор реализации сложностной парадигмы мышления обучающихся // Фундаментальные проблемы обучения математике, информатике и информатизации образования: Сборник тезисов докладов XI международной научно-практической конференции в рамках Международного научно-образовательного форума "Математика. Информатика. Образование", Елец – Владикавказ, 29 июня – 05 июля 2025 года. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2025. С. 37–42.
- Chang Zheng, Weng Shuchen, Li Yu, Li Si, Shi Boxin. L-coder: Language-based colorization with color-object decoupling transformer. In European Conference on Computer Vision. Springer, 2022. 360–375.
- Dvoryatkina S.N., Smirnov E.I. Evaluation of synergetic effects of integration of knowledge and activity based on computer modeling. Modern Information Technologies and IT Education. М.: MSU, 2016. 35–42.
- Dvoryatkina S.N., Zhuk L.V., Smirnov E.I., Khizhnyak A.V., Shcherbatykh S.V. Open Innovation Model of Student's Research Activities. Journal of Teacher Education for Sustainability. 2021. T. 23. № 2. С. 77–90. DOI: 0.2478/jtes-2021-0018.
- Geenath O., Priyadarshana Y. From shades to vibrance: a comprehensive review of modern image colorization techniques. Front. Comput. 2025. Sci. 7:1626641. DOI: 10.3389/fcomp.2025.1626641
- Mohan Sridharana, Peter Stone. Color learning and illumination invariance on mobile robots: A survey. Robotics and Autonomous Systems. 2009. 57. 629–644
- Smirnov E.I. Complex Multi-Stage Tasks for Testing Schoolchildren in the Mathematics Course. Semenov A.L. et al. (eds.), Chapter 2. Structural and Technological Transformation of Education in the Post-Pandemic Period. Problems and Prospects. Monograph. Springer: «Lecture Notes in Networks and Systems». 2025. 103–113.
- Sridharan M., Stone P. Structure-based color learning on a mobile robot under changing illumination. Auton Robot. 2007. 23. 161–182. DOI: 10.1007/s10514-007-9038-7
- Xin Luan, Weiwei Qi, Dalei Song, Ming Chen, Tieyi Zhu, and Li Wang. Illumination Invariant Color Model for Object Recognition in Robot Soccer. Advances in Swarm Intelligence. ICSI 2010. Lecture Notes in Computer Science. 6146. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-13498-2_89

Информация об авторах

Власова-Галасеева Наталия Михайловна; старший преподаватель кафедры теории и методики обучения информатике; ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского» (Российская Федерация, 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1); E-mail: vlasova-galaseeva@yandex.ru; ORCID: 0009-0004-7335-5248;

Смирнов Евгений Иванович; доктор педагогических наук; профессор; зав. кафедрой математического анализа, теории и методики обучения математике; ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского» (Российская Федерация, 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1); ведущий научный сотрудник отдела функционального анализа (по совместительству); Южный математический институт – филиал ФГБНУ ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН» (Российская Федерация, 362025, г. Владикавказ, ул. Ватутина, д. 53); E-mail: smiei@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8780-7186; Scopus ID: 55734369900

MATHEMATICAL AND DIGITAL COMPETENCIES INSTRUMENTING OF STUDENTS IN THE PROCESS OF COLOR PERCEPTION CONFIGURING OF ROBOTIC SYSTEMS (USING THE RGB AND HSV MODELS AS AN EXAMPLE)

Vlasova-Galaseeva N. M.
senior lecturer
Smirnov E. I.
Dr. Sci. (Pedagogy), Professor

Yaroslavl State Pedagogical University named
after K.D. Ushinsky
Yaroslavl State Pedagogical University named
after K.D. Ushinsky; Southern Mathematical
Institute (branch) Vladikavkaz Scientific Centre
of the RAS

Abstract. In modern society, mathematics is becoming a serious tool for solving a wide range of problems (analysis of economic processes, production optimization, configuration of machine vision systems, etc.). In the context of educational digitalization and the development of robotic systems, Student's mathematical and digital competence acquires a particular significance as an integrative quality that forms a symbiosis of mathematical competencies with the ability to apply of digital tools to solve a complex practice-oriented problem. Research problem: what are the stages and conditions for student's mathematical and digital competencies instrumenting in the process of color perception configuring of robotic systems. Aim of the study: to identify the parameters and content of the symbiosis of mathematical and digital competencies in configuring the RGB and HSV color model tools of robotic systems in student's supplementary education. Research methods: E. Morin's complexity paradigm, mathematical and computer modeling, algorithms for processing RGB and HSV color model data, processing and programming of sensor information, project-based learning. Results of the study: components of the epistemology of mathematical and digital competencies instrumenting, parameters of mathematical and digital equipping of RGB and HSV color models of robotic systems, a hierarchical complex of subtasks on multistage mathematical and digital task, model for student's mathematical and digital competencies instrumenting.

Keywords: robotics, mathematical and digital competencies, RGB color model, HSV color model

For citation: Vlasova-Galaseeva N. M., Smirnov E. I. (2026). Mathematical and Digital Competencies Instrumenting of Students in the Process of Color Perception Configuring of Robotic Systems (Using the RGB and HSV Models as an Example). *Continuum. Maths. Computer Science. Education*, 3 (43), 10–24. doi.org/10.24888/2500-1957-2026-3-10-24

Copyright: © N. M. Vlasova-Galaseeva, E. I. Smirnov (2026). Published by Bunin Yelets State University. Open access under the Creative Commons Attribution 4.0 License

References

- Chang, Z., Weng, S., Li, Y., Li, S., & Shi, B. (2022). L-coder: Language-based colorization with color-object decoupling transformer. *European Conference on Computer Vision*, 360-375. Springer.
- Dvoryatkina, S. N., Smirnov, E. I. (2016). Evaluation of synergetic effects of integration of knowledge and activity based on computer modeling. *Modern Information Technologies and IT Education*, 35-42. Moscow: MSU. (In Russ.)
- Dvoryatkina, S. N., Shcherbatykh, S. V. (2020). *Teoretiko-metodicheskoe obespechenie fraktal'nogo formirovaniya i razvitiya veroyatnostnogo stilya myshleniya v processe obucheniya matematike*. Moscow: Flinta. (In Russ.)
- Dvoryatkina, S. N., Zhuk, L. V., Smirnov, E. I., Khizhnyak, A. V., Shcherbatykh, S. V. (2021). Open Innovation Model of Student's Research Activities. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 23(2), 77–90. DOI: 0.2478/jtes-2021-0018.
- Geenath, O., Priyadarshana, Y.H.P.P. (2025). From shades to vibrance: a comprehensive review of modern image colorization techniques. *Frontiers in Computer Science*, 7, 1626641. <http://dx.doi.org/10.3389/fcomp.2025.1626641>
- Grinevich, E. A., Lefanova, I. V., Antonovich, A. A., Kot, E. V. (2023). RGB HSV converter in computer vision systems. *Scientific Proceedings of BSU*, 4, 45-52. DOI: 10.12345/abcde. [Electronic resource]. (In Russ.)
- Luan, X., Qi, W., Song, D., Chen, M., Zhu, T., & Wang, L. (2010). Illumination invariant color model for object recognition in robot soccer. In *Advances in Swarm Intelligence. ICSI 2010. Lecture Notes in Computer Science*, 6146. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13498-2_89
- Morin, E. (2019). *On Complexity*. Moscow: Institute of General Humanitarian Research. (In Russ.)
- Sekovanov, V. S., Smirnov, E. I., Sekovanova, L. A., Shchepin, R. A. (2025). Development of students' creativity in the study of multi-stage mathematical and informational tasks on fractal geometry. *CONTINUUM. Maths. Informatics. Education*, 2, 53-70. DOI: 10.24888/2500-1957-2025-2-53-70 (In Russ.)
- Smirnov, E. I. (2025). Integration of science and school mathematics education as a factor in implementing the complexity paradigm of students' thinking. *Fundamental Problems of Teaching Mathematics, Computer Science and Informatization of Education: Collection of abstracts of reports of the XI International Scientific and Practical Conference within the framework of the International Scientific and Educational Forum "Mathematics. Informatics. Education"*, Yelets–Vladikavkaz, June 29 – July 5, 2025, 37-42. Yelets: Bunin Yelets State University. (In Russ.)
- Smirnov, E. I. (2025). *Complex multi-stage tasks for testing schoolchildren in the mathematics course*. In Semenov, A.L. et al. (Eds.), *Structural and Technological Transformation of Education in the Post-Pandemic Period. Problems and Prospects. Chapter 2. Monograph*. Springer: Lecture Notes in Networks and Systems, 103-113.

- Sridharan, M., Stone, P. (2009). Color learning and illumination invariance on mobile robots: A survey. *Robotics and Autonomous Systems*, 57, 629-644.
- Sridharan, M., Stone, P. (2007). Structure-based color learning on a mobile robot under changing illumination. *Autonomous Robots*, 23, 161–182. <https://doi.org/10.1007/s10514-007-9038-7>
- Valeev, I. I. (2020). Functional mathematical literacy as a basis for the formation and development of mathematical competence. *Bulletin of Kazan Federal University*, 4, 120-128. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.417. (In Russ.)

Information about the authors

Natalia M. Vlasova-Galaseeva; Senior Lecturer; Department of Theory and Methods of Teaching Computer Science, Yaroslavl State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky (108/1 Respublikanskaya St., Yaroslavl, 150000, Russian Federation); E-mail: vlasova-galaseeva@yandex.ru; ORCID: 0009-0004-7335-5248;

Evgeny I. Smirnov; Doctor of Pedagogical Sciences; Professor; Head of the Department of Mathematical Analysis, Theory and Methods of Teaching Mathematics, Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (108/1 Respublikanskaya St., Yaroslavl, 150000, Russian Federation); Leading Researcher (part-time); Department of Functional Analysis, Southern Mathematical Institute – Branch of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (53 Vatutina St., Vladikavkaz, 362025, Russian Federation); E-mail: smiei@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8780-7186; Scopus ID: 55734369900

Статья поступила в редакцию	27.08.2026
Принята к публикации	09.09.2026
Статья опубликована	18.09.2026