

УДК 001.5+004.8

Искусственный интеллект: трансформация сложных изображений в визуальную память

Капulyцевич Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский Государственный химико-фармацевтический университет
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. На основании сделанных ранее выводов о том, как “работает” визуальная память человека, решается проблема заполнения информацией искусственной памяти (ИВП) на примере разделов: РАСТЕНИЯ, СИМВОЛЫ и ГЕОГРАФИЯ. В качестве первого шага предлагается любую картинку подвергнуть дискретизации, в результате которой исходное цветное изображение преобразуется в дискретную функцию с заданным разрешением. Показано, что такая функция-образ легко реализуется с помощью аналога нейронной сети конечных размеров.

Рассматриваются примеры, из которых следует, что метод пригоден для трансформации картинок любой сложности, а его экстраполяция на реальную память человека дает астрономическое число запомненных образов – более 150 миллионов. Результаты исследования направлены на дальнейшее совершенствование систем искусственного интеллекта.

Ключевые слова: дискретизация, разрешение, зрительная память, нейрон, модель, искусственный интеллект

Введение

Человек получает самую разнообразную информацию, в том числе и визуальную, в течение всей своей жизни, однако самый большой ее объем, как известно, приходится на детские и юношеские годы, когда происходит запоминание палитры цветов, разных форм, алфавитов, таблицы умножения и много чего еще. Не нужно доказывать тот факт, что любая новая зрительная информация требует на ее усвоение времени, иногда весьма значительного – практически все школьники и студенты прошли нелегкий путь от незнания к знанию и хорошо знакомы с этим фактом. В работе [1] выдвинуто предположение, как все это может происходить – оказалось, что в основе запоминания лежат хорошо известные из математики итерационные процессы, с которыми тесно связан так называемый метод накопления, получивший широкое применение в радиотехнике. Если коротко, то в нашем случае суть метода состоит в следующем – одни и те же картинки, которые раз за разом поступают в зрительную память человека, постепенно фиксируются (накапливаются) в нейронной сети, а сопутствующие им помехи – случайные картинки, отфильтровываются и, таким образом, в памяти остаются только полезные образы. Этот метод “работает” тем лучше, чем больше совершается итераций, на которые, конечно же, требуется немало времени – но так уж устроено наше сознание; подобным образом оно защищает себя от случайностей.

Однако, то, что хорошо для человека, оказывается малоприспособленным при создании искусственного интеллекта (ИИ) – тратить уйму времени на заполнение разделов визуальной памяти сотнями тысяч (и даже миллионами) образов – не самое лучшее занятие. Оказалось, что здесь все же возможно положительное решение. Ранее было сделано предположение [2], основанное на результатах экспериментов, о том, что разглядывание человеком простой цветной картинки сопровождается “расщеплением” изображения по ряду признаков, например, цвету, форме, размерам и т.д. Это приводит к тому, что в зрительную память поступает не исходная картинка во всех деталях, а ее

закодированный образ, которому с математической точки зрения соответствует дискретная функция нескольких переменных [2]:

$$obr = M(c[n], f[n], r[n], m[n], \dots), \quad (1)$$

где аргументами является ряд признаков, например:

$c[n]$ – цвет,
 $f[n]$ – форма,
 $r[n]$ – размер,
 $m[n]$ – материал,

и других, а M означает принадлежность к одному из разделов визуальной памяти – РАСТЕНИЯ, СИМВОЛЫ. ЖИЛИЩЕ....

Формула (1) исчерпывающе описывает любой образ, однако, в силу того, что признаки сами являются функциями, требуется значительная предварительная работа по исследованию их свойств с экстраполяцией на конечный результат. Исходя из сказанного, сузим нашу задачу и на первом этапе рассмотрим частный случай (1) – влияние одного только цвета:

$$obr = M(c[n]), \quad (2)$$

Предполагается, что подобный подход может привести к способу трансформации (преобразования) изображений, минуя итерационный процесс и экономя весьма значительное время. Кроме того, использование свойства дискретности образа (2) позволяет решить еще одну очень важную проблему – работу с картинками любой сложности.

Особенности восприятия изображений

Картинки и пейзажи, с которыми нам приходится иметь дело, сильно отличаются друг от друга, как по размерам, так и с точки зрения детализации. Так, например, камень, воздушный шарик или яблоко, можно описать достаточно простыми формулами из множества (1), реализация которых не требует значительных ресурсов; однако большая часть изображений – цветы, животные, технические устройства, невозможно свести к элементарным геометрическим фигурам и функциям. Отсюда становится понятно, чтобы правильно оценивать разные образы, полученные в результате трансформации (преобразования)

картинок в зрительную память, необходимо иметь какие-то количественные характеристики. И здесь будет вполне уместным, в качестве первого шага, рассмотреть некоторые понятия, применяемые в фотографии [3].

Линейный размер фотографии – это ширина и высота напечатанной фотографии в миллиметрах, которые можно получить, измерив ее обычной линейкой. Например, линейный размер фотографии формата 9 × 13 будет 89 × 127 мм. *Пиксели* – минимальные элементы, из которых состоит изображение (это сокращение от *picture element*). Подобно тому, как мозаика состоит из цветных кусочков, так и цифровая фотография состоит из пикселей – чем их больше, тем более мелкие детали можно разглядеть в изображении – Рис. 1.

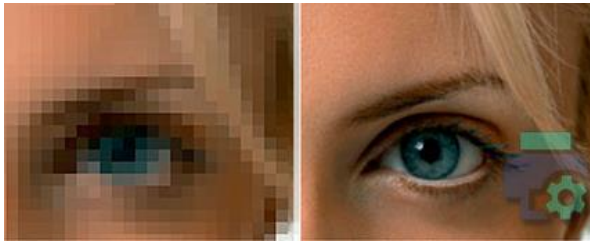


Рис. 1. Влияние размеров пикселя на изображение (www.printeros.ru)

Размер в пикселях – это ширина и высота в пикселях цифрового изображения; так, например, цифровые фотоаппараты делают снимки стандартных размеров 640 × 480, 1600 × 1200 и т.д. Наконец, наиболее важная обобщающая характеристика – *разрешение* – число, которое связывает между собой размер изображения в пикселях и линейные размеры отпечатка. Измеряется в количестве пикселей на дюйм (1 дюйм = 25,4 мм) и обозначается – *dpi (dots per inch)*. Для высококачественных фотографий принято 300 *dpi* – считается, что человеческий глаз не может видеть более, чем 300 точек на дюйм, что и было взято за основу стандарта в полиграфии.

Но, вернемся к нашему исследованию. Из Рис. 1 слева можно заметить, что совокупность крупных пикселей представляет собой что-то вроде сетки, наложенной на картинку, и они (пиксели) окрашены в цвета этой картинки. Отсюда можно сделать важный вывод – пиксель это не изображение, а информация об изображении в данной точке, например, размер 2 × 2 мм, цвет – зеленый; размер 0,3 × 0,3 мм, цвет – голубой и т.д. Таким образом, любое высококачественное изображение с разрешением 300 *dpi* и более и требующее для запоминания мегабайты памяти (правая часть рисунка), мы можем путем увеличения размеров пикселя преобразовать в другое изображение (левая часть рисунка), для которого ресурсы запоминания на порядки меньше, но при этом информативность все еще сохраняется. Иначе говоря, если в фотографии для повышения качества снимков стремятся к уменьшению размеров пикселей, то в нашем случае – при формировании искусственной визуальной памяти (ИВП), мы применим обратный принцип – будем увеличивать пиксели до размеров, обеспечивающих приемлемое качество образов, т.е. их надежную идентификацию.

Процесс, в результате которого исходная картинка преобразуется в пиксельное изображение, будем называть *дискретизацией*. Рис. 2 наглядно

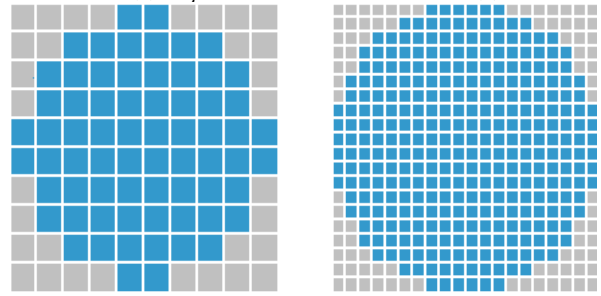


Рис. 2. Дискретизация круга диаметром 2.54 см, слева – 10 *dpi*, справа – 20 *dpi*

демонстрирует влияние разрешения на узнаваемость круга диаметром 1 дюйм – правую часть уже вполне можно принять в качестве его образа вида (2), при этом экономия в памяти будет составлять 15 раз, если сравнивать качество рисунка со стандартным разрешением 300 *dpi*.

Трансформация картинок растений

Для иллюстрации процесса преобразования картинок в образы (2), выберем раздел визуальной памяти, в котором надежная идентификация требует достаточно высокого разрешения. Поскольку таковых несколько, к примеру, ЖИВОТНЫЕ, РАСТЕНИЯ, ТЕХНИКА, ЖИЛИЩЕ и т.д., то остановимся на РАСТЕНИЯХ – это фрукты, овощи, ягоды, цветы, деревья и кусты. Среди огромного многообразия картинок выберем фрукт средней сложности, например, ЛИМОН – Рис. 3 и попытаемся трансформировать в его образ не только форму, но и оттенки цветов на поверхности.



Рис. 3. Картинка ЛИМОН

	Желтый	c[1]
	Оранжевый	c[2]
	Шафран	c[3]
	Белый	c[4]
	Корица	c[5]
	Шоколадный	c[6]
	Голубой	c[7]

Рис. 4. Обозначения цветов

Вначале определимся с исходными данными: размер картинке 39×54 мм, на которую наносится сетка с шагом 3 мм (13×18 пикселей) — этот процесс мы назвали *дискретизацией* исходного изображения, после чего на основании [4] составляется общая таблица обнаруженных цветов — Рис. 4.

Заметим, что обозначения $c[1] - c[7]$ используются здесь исключительно для упрощения текстов будущих формул — фактически каждому соответствует цветовая модель RGB: *red* — красный, *green* — зеленый и *blue* — синий. Любой из этих основных цветов принимает значения от 0 до 255, где 0 — минимальная, а 255 — максимальная интенсивность, а их смешение в разных пропорциях создает тысячи оттенков. Например, смесь синего и красного дает пурпурный, зеленого и красного — желтый, зеленого и синего — циановый цвет и т.д. Соответствие между $c[n]$ и величинами кодов основных цветов картинке ЛИМОН представлено в Таблице 1.

Таким образом, $c[1]$ это на самом деле $c[255, 255, 0]$, а $c[3] - c[228, 155, 15]$.

Таблица 1. Кодировка цветов

Обозначение цвета	R	G	B
$c[1]$	255	255	0
$c[2]$	237	118	14
$c[3]$	228	155	15
$c[4]$	255	255	255
$c[5]$	121	85	61
$c[6]$	205	87	0
$c[7]$	204	255	255

Далее составляется таблица (здесь она отсутствует), в которую шаг за шагом заносятся обозначения цветов пикселей дискретной картинке, например, для 1-ой строки будем иметь:

$c[6], c[6], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[6], c[7], c[7], c[7], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3]$

а после окончания процесса заполнения таблицы делается полный рисунок *образа* ЛИМОН, включая тени и фон — Рис. 5.



Рис. 5. Образ ЛИМОН

Несмотря на невысокое разрешение — 7 dpi , на рисунке можно совершенно отчетливо разглядеть лимон, напоминающий исходную картинку. Однако цель достигнута, а изображение является всего лишь иллюстрацией метода трансформации, но никак не

конечным результатом — при необходимости разрешение можно легко увеличить, уменьшив размер пикселя, как это сделано на Рис. 2. Наконец, графическому образу ЛИМОН однозначно соответствует его математическая формула:

$limn =$

$R\{c[6], c[6], c[7], c[7], c[7], c[7], c[6], c[7], c[7], c[7], c[7], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3] \downarrow$
 $c[6], c[2], c[2], c[2], c[2], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3] \downarrow$
 $c[6], c[6], c[6], c[2], c[1], c[1], c[4], c[4], c[4], c[4], c[1], c[1], c[1], c[1] \downarrow c[1], c[2], c[2], c[2] \downarrow$
 $c[6], c[6], c[6], c[1], c[1], c[4], c[4], c[4], c[4], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[6], c[6], c[2] \downarrow$
 $c[6], c[6], c[6], c[1], c[1], c[4], c[4], c[4], c[4], c[1], c[1], c[1] \downarrow c[1], c[1], c[1], c[6], c[6], c[2] \downarrow$
 $c[6], c[6], c[7], c[1], c[4], c[4], c[4], c[1], c[1], c[1], c[3], c[3], c[3], c[3], c[2], c[2], c[6], c[6] \downarrow$
 $c[6], c[7], c[7], c[1], c[1], c[4], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[2], c[2], c[2], c[2], c[2], c[6] \downarrow$
 $c[7], c[7], c[1], c[1], c[1], c[1], c[1], c[3], c[2], c[2], c[2], c[2], c[2], c[2], c[3], c[3], c[3], c[6] \downarrow$
 $c[7], c[1], c[2], c[3], c[3], c[3], c[2], c[2], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[6], c[5] \downarrow$
 $c[7], c[7], c[2], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[2], c[5], c[5], c[5] \downarrow$
 $c[7], c[7], c[7], c[7], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[2], c[2], c[5], c[5], c[5], c[5] \downarrow$
 $c[7], c[7], c[7], c[7], c[1], c[3], c[3], c[3], c[3], c[3], c[2], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5] \downarrow$
 $c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[6], c[6], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5], c[5] \downarrow$ (3)

где символ \downarrow означает ввод следующего фрагмента ниже только что введенной строки, а буква R — принадлежность к разделу РАСТЕНИЯ.

Итак, мы получили формулу образа ЛИМОН, которую теперь можно занести в зрительную память искусственного интеллекта. Каждая его строка соответствует нейрону, а аргументы строки — это

координаты “подключения” дендритов к цветовой палитре. Таким образом, для реализации проекта потребуется всего 11 нейронов, поскольку верхняя и нижняя строки относятся к фону. Попробуем выяснить, много это или нет. В нашем образе ЛИМОН имеется 11 × 16 пикселей размером 3 мм, и он оказался вполне узнаваем. Мысленно увеличим число пикселей в 10 раз, что будет соответствовать размеру одного 0.3 мм и понятно, что качество образа будет более чем достаточным для его идентификации, кроме того, он станет практически неотличим от Рис. 3. Но, тогда в пикселях будем иметь 110 × 160 (разрешение 70 dpi), причем количество нейронов для реализации образа определяется именно первым числом. Посчитаем, сколько образов можно запомнить при таком качестве, исходя, например, из 1 000 000 000 нейронов (всего их в зрительной памяти 17 000 000 000). Имеем: 1 000 000 000 : 110 = 9 090 909 образов. А теперь умножим этот результат еще на 17, тогда получим вообще астрономическое число — **154 545 453** образов! Отсюда становится понятно, сколь велики резервы визуальной памяти человека, а ведь имеется еще слуховая, обонятельная, осязательная и вкусовая память.

Трансформация символов

Напомним, к символам мы отнесли все алфавиты, иероглифы, математические обозначения и дорожные знаки. Скорее всего, этот список можно было бы продолжить, но для иллюстрации принципа кодирования таких специфических картинок, данных видов вполне достаточно. После опытов с растениями работа с символами может показаться совсем уж простой. Действительно, цветов только два — черный и белый, да и размеры изображений минимальные, однако все же важно оценить, в какой образ выливается буква или цифра, какой для этого потребуется объем памяти, имея в виду тот факт, что в текстах и документах символы разных видов встречаются буквально тысячами. В качестве первого объекта трансформации из картинки возьмем букву

Б. Стоит напомнить, что в данном случае нам не требуется высочайшее разрешение, вполне достаточно, чтобы образ был хорошо узнаваем, а его формула при этом имела минимальный размер. В дополнение к белому цвету — c[4], добавим еще черный — c[8], который в системе RGB будет выглядеть как c[0, 0, 0]. На Рис. 6 представлен вариант образа буквы Б и далее

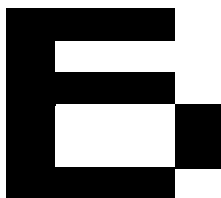


Рис. 6. Образ буквы Б

соответствующая ему формула, в которой S означает принадлежность к разделу визуальной памяти СИМВОЛЫ.

$$\begin{aligned} \text{bukB} = & S[c8],c8],c8],c8],c4] \downarrow \\ & c8],c4],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c8],c8],c8],c8],c4] \downarrow \\ & c8],c4],c4],c4],c8] \downarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & c8],c4],c4],c4],c8] \downarrow \\ & c8],c8],c8],c8],c4] \downarrow \end{aligned} \quad (4)$$

Далее используем имеющиеся цвета — белый, черный и желтый c[1], для построения образа дорожного знака “Главная дорога” — Рис. 7.



Рис. 7. Знак “Главная дорога”

В качестве первого шага выполним дискретизацию Рис. 7 и составим набор пикселей образа дорожного знака — Рис. 8, стремясь при этом, с одной стороны — к его минимизации, а с другой — максимальной узнаваемости.

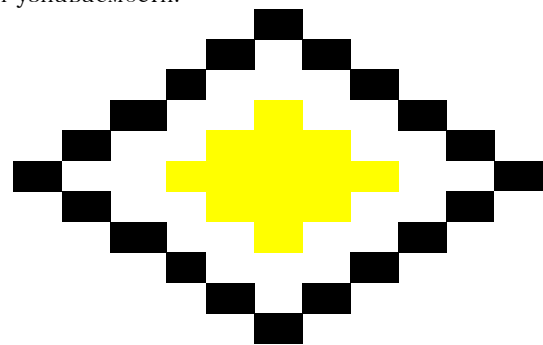


Рис. 8. Образ знака “Главная дорога”

Теперь нетрудно записать саму формулу образа:

$$\begin{aligned} \text{glav} = & S[c4],c4],c4],c4],c4],c8],c4], c4],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c4],c4],c8],c4],c8],c4],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c8],c4],c4],c1],c4],c4],c8],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c8],c4],c4],c1],c1],c1],c4],c4],c8],c4] \downarrow \\ & c8],c4],c4],c1],c1],c1],c1],c1],c4],c4],c8] \downarrow \\ & c4],c8],c4],c4],c1],c1],c1],c4],c4],c8],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4],c4],c4] \downarrow \\ & c4],c4],c4],c4],c4],c8],c4],c4],c4],c4],c4] \downarrow \end{aligned} \quad (5)$$

Предложенный алгоритм трансформации символов в образы зрительной памяти пригоден и для таких объектов как: математические формулы и уравнения, химические формулы элементов, структурные формулы веществ, иероглифы, физические формулы и уравнения. Возьмем, к примеру, закон сохранения:

$$A = F S \cos \alpha \quad (6)$$

Здесь присутствует 6 картинок: A , F , S , \cos , α и знак =, которые не представляет большого труда подвергнуть преобразованию, как продемонстрировано выше. Что же касается самой формулы (6), то она относится уже к сюжету.

Трансформация географических знаков

Любая карта — географическая, политическая или топографический план местности состоят из некоторого количества условных знаков и обозначений, которые в рамках принятой нами терминологии, также являются картинками. Среди них встречаются как относительно простые, например, “озеро” и “лес” — Рис. 9, так и весьма сложные — горные рельефы, рельефы морей, планы поселков и городов, береговые

линии и острова. Попробуем выяснить, существуют ли какие-то особенности, связанные с преобразованием столь специфических картинок в образы, взяв в качестве примера Рис. 9.

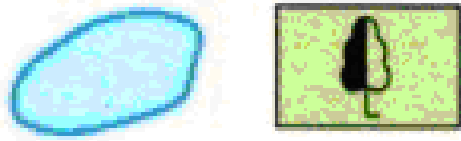


Рис. 9. Условные знаки: “озеро” и “лес”

Опустив процесс дискретизации картинок, сразу запишем формулы образов, учитывая, что такие цвета, как голубой – $c[7]$ и черный – $c[8]$, использовались нами ранее, остается добавить ультразеленый – $c[9]$, или в системе RGB – $c[197, 227, 132]$. Тогда формула образа для “озера” будет:

$$oser = G(c[4], c[4], c[4], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7] \downarrow c[4], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7] \downarrow c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7] \downarrow c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[7], c[4] \downarrow c[4], c[7], c[7], c[7], c[7], c[4], c[4], c[4]), (7)$$

соответственно для “лиственного леса”:

$$lesl = G(c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[9], c[8], c[8], c[4], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[8], c[8], c[4], c[9], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[8], c[8], c[8], c[4], c[4], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[8], c[8], c[8], c[4], c[4], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[8], c[8], c[4], c[4], c[4], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[8], c[8], c[8], c[4], c[4], c[4], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[8], c[9], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[8], c[9], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[8], c[9], c[9], c[9] \downarrow c[9], c[9], c[9], c[9], c[9], c[8], c[8], c[9], c[9]), (8)$$

Здесь буква G означает принадлежность образов к разделу визуальной памяти ГЕОГРАФИЯ. Сразу можно заметить, что в первом случае разрешение составляет примерно $7 dpi$, а во втором – $14 dpi$ и эти числа находятся в полном соответствии со сложностью картинок.

Интересные результаты можно наблюдать в области политической географии, в частности при трансформации картинок с изображениями флагов. Наиболее простые образы получаются для таких государств, как Австрия, Германия, Россия, Финляндия – Рис.10, и ряда других, имеющих на полотнищах 2-3 цвета и самую простую – прямоугольную форму составных частей.



Рис. 10. Флаги государств

При составлении формул следует добавить еще несколько недостающих цветов: $c[10]$ – амарант, $c[11]$ – красный, $c[12]$ – синий и $c[13]$ – голубой королевский. Тогда образ флага Австрии примет вид:

$$aust = G(c[10], c[10], c[10], c[10], c[10] \downarrow c[4], c[4], c[4], c[4], c[4] \downarrow c[10], c[10], c[10], c[10], c[10]), (9)$$

т.е., получилось 3×5 пикселей. Аналогично для Германии:

$$germ = G(c[8], c[8], c[8], c[8], c[8] \downarrow c[11], c[11], c[11], c[11], c[11] \downarrow c[1], c[1], c[1], c[1], c[1]) (10)$$

и России:

$$ross = G(c[4], c[4], c[4], c[4], c[4] \downarrow c[12], c[12], c[12], c[12], c[12] \downarrow c[11], c[11], c[11], c[11], c[11]), (11)$$

Образ финляндского флага оказался несколько сложнее:

$$finl = G(c[4], c[4], c[13], c[4], c[4], c[4], c[4] \downarrow c[4], c[4], c[13], c[4], c[4], c[4], c[4] \downarrow c[13], c[13], c[13], c[13], c[13], c[13], c[13] \downarrow c[4], c[4], c[13], c[4], c[4], c[4], c[4] \downarrow c[4], c[4], c[13], c[4], c[4], c[4], c[4]), (12)$$

что соответствует 5×7 пикселям и разрешению примерно $7 dpi$. Хотя таких флагов довольно много среди государств мира, встречается немало полотнищ средней сложности – Алжир, Афганистан, Бразилия, Вьетнам, Греция, Израиль, Канада, которым требуется разрешение порядка 10-15 dpi , но есть и весьма сложные флаги – Великобритания, Виргинские острова, Гваделупа, Мартиника, Непал, США. Здесь не обойтись разрешением меньшим $50 dpi$.

Выводы

Запоминание визуальной информации с использованием полного набора признаков – цвета, формы, размеров, материала и, одновременно, получения высокого качества образов, требует проведения серьезных исследований по каждому из признаков в отдельности. Такой подход позволяет существенно упростить решение основной задачи – трансформации картинок в образы, без каких-либо ограничений на сложность исходной информации. В качестве первого шага удобно сосредоточиться на наиболее общем признаке – *цвете*, свойства и параметры которого хорошо изучены как с физической, так и эстетической точек зрения. Для нас это означает только одно – вместо общей формулы образа (1) мы уделили наибольшее внимание примерам, для математического описания которых достаточно формулы (2).

Важнейшей частью любого преобразования является оценка результата и здесь неоценимую помощь могут оказать характеристики, применяемые в области фотографии – это понятия *пикселя* и *разрешения*. Оказалось, что с пикселем тесно связано такое явление радиотехники, как дискретизация, а разрешение явилось универсальным средством для количественного сравнения разных образов и соответствующих им формул. Все это нашло применение для ряда примеров трансформации картинок в образы в таких разделах визуальной памяти как РАС-ТЕНИЯ, СИМВОЛЫ и ГЕОГРАФИЯ, существенно отличающиеся структурой изображений. Этапы преобразования картинки ЛИМОН – дискретизация, подбор цветов, составление образа и, наконец, синтез формулы, можно рассматривать как стандартный алгоритм для применения в других разделах ИВП, а последующие примеры показали, что предложенный метод эффективен для картинок любой сложности.

Литература:

1. Капульцевич А.Е. Искусственный интеллект: преобразование информации в визуальной памяти. // Евразийское научное объединение. Перспективные направления развития современной науки. Москва, март, часть 2, 2019. с. 85-91.
2. Капульцевич А. Е. Искусственный интеллект: об организации визуальной памяти. //Евразийское научное объединение. Научные исследования и разработки. Москва, ноябрь, часть 1, 2018, с. 49-54.
3. Дюймы, разрешение и пиксели. Как правильно подобрать картинку.
URL: <http://www.ru-cafe.ru> (дата обращения 03.04.2019 г.).
4. Таблица цветов. Онлайн калькулятор. URL: <http://www.allcals.ru>. (дата обращения 30.03.2019 г.).