

ПОСТРОЕНИЕ ЦВЕТОВЫХ ДИСКРЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПЛОСКОСТИ

Abstract: It is decided the problem about building the colour discrete images on the rectangular field with the help of standard microimages, which are named by templates. Templates may be put on the field, or against each other accordingly rules of binary operation of summing. The problem comes to decision of the system of the linear equations in a residue class on the finite modulus equal to the number of using colours. Matrix of the system has great size, but the decision is performed untraditionally owing to local characteristics of templates.

Key words: template, colour discrete images, linear equations.

Анотація: Розв'язується задача про побудову кольорових дискретних зображень на прямокутному полі за допомогою стандартних мікрозображень, які зветься шаблонами. Шаплони можна накладати на поле або один на одного за законами бінарної операції додавання. Задача зводиться до розв'язання системи лінійних рівнянь у класі лишків за скінченим модулем, рівним кількості кольорів. Матриця системи має величезний розмір, проте розв'язок системи знаходиться нетрадиційним способом завдяки локальним властивостям шаблонів.

Ключові слова: шаблон, кольорові дискретні зображення, лінійні рівняння.

Аннотация: Решается задача о построении цветных дискретных изображений на прямоугольном поле с помощью стандартных микроизображений, называемых шаблонами. Шаплони можно накладывать на поле или друг на друга по законам бинарной операции сложения. Задача сводится к решению системы линейных уравнений в классе вычетов по конечному модулю, равному количеству используемых цветов. Матрица системы имеет огромные размеры, однако решение находится нетрадиционным способом благодаря локальным свойствам некоторых шаблонов.

Ключевые слова: шаблон, цветные дискретные изображения, линейные уравнения.

1. Введение

В теории распознавания образов [1] есть много задач, имеющих дело с прямоугольным полем, разбитым на квадратные клетки, которые имеют различную раскраску, в совокупности представляя определенный образ. Обозначим такое поле π с числом клеток $N = mn$, где m – число горизонтальных последовательных клеток (строк), а n – число столбцов. По умолчанию будем считать поле с $N = mn$ клетками идентичным. Множеству цветов поставим в соответствие множество чисел $Q = \{0, 1, 2, \dots, K-1\}$. Построение произвольных изображений осуществляется с помощью наложения на поле элементарных блоков или шаблонов $S = \{s_1, s_2, \dots, s_p\}$, которые имеют небольшие размеры и определенную раскраску. При этом операция наложения на одну клетку различных цветов задается как бинарная операция на множестве Q .

Необходимо решить задачу, существует ли такой набор из наличного запаса шаблонов, который при определенном наложении на поле π составил бы заданное изображение.

Если в поле π $m=1$, а $n>1$, то оно является строкой, и соответствующая задача называется задачей о построении линейной мозаики. Ее решению были посвящены работы [2, 3], где эта задача в основном решена.

Если же $m, n>1$, то соответствующая задача называется задачей о двумерной мозаике. В данной работе вводятся необходимые определения и понятия и заложены основы ее решения.

2. Формальная постановка задачи

Прежде всего, необходимо точно определить операцию наложения цветов. Из всех возможных определений выберем наиболее существенное, когда эта операция идентична сложению двух чисел по $\text{mod } K$. Рассмотрим сначала самый простой случай $K=2$. Тогда все шаблоны будут одноцветными, так как число 0, естественно, означает отсутствие какого-либо цвета (белый цвет). Так как шаблон можно накладывать любой стороной (внешней и оборотной), а также поворачивать в плоскости на любой угол, кратный 90° , то проще считать, что мы имеем дело с разными шаблонами, которые всегда располагаются фиксированным образом в пространстве. В каждом шаблоне выделим одну определенную клетку, которую назовем меткой шаблона. В дальнейшем будем полагать, что метка – это самая левая среди самых верхних клеток шаблона. Максимальное число позиций шаблона на поле после всевозможных перемещений равно 8. Рассмотрим в качестве примера шаблон на рис.1, который изображен в четырех возможных позициях. Обозначим их s_1, s_2, s_3 и s_4 . Белый кружочек указывает метку шаблона. Пронумеруем клетки поля π от 1 до N сначала по первой строке, затем по второй и так до конца. Зная координату метки шаблона, можно однозначно расположить его на поле. Если координату произвольного шаблона обозначить α , то любой шаблон можно задать его уравнением, которое в общем виде будет выражаться через эту координату.

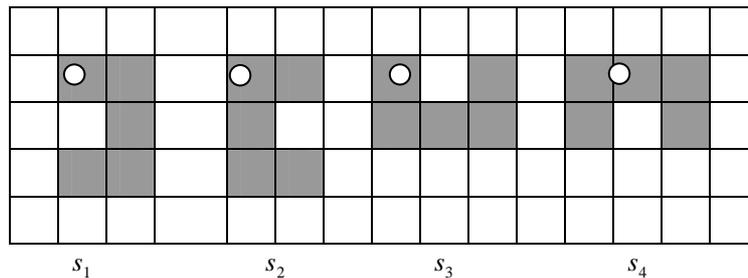


Рис. 1. Шаблон и его возможные положения

$$\begin{aligned}
 s_1(\alpha) &= (\alpha, \alpha + 1, \alpha + n + 1, \alpha + 2n, \alpha + 2n + 1); \\
 s_2(\alpha) &= (\alpha, \alpha + 1, \alpha + n, \alpha + 2n, \alpha + 2n + 1); \\
 s_3(\alpha) &= (\alpha, \alpha + 2, \alpha + n, \alpha + n + 1, \alpha + n + 2); \\
 s_4(\alpha) &= (\alpha, \alpha + 1, \alpha + 2, \alpha + n, \alpha + n + 2).
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

В общем случае в зависимости от вида шаблона и величины поля π координата α может принимать только ограниченные значения. Множество допустимых значений α определяет множество допустимых положений шаблона (или, точнее, его метки) на заданном поле π .

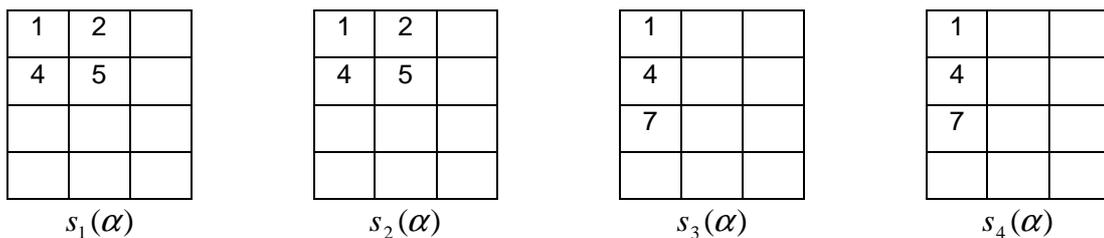


Рис. 2. Допустимые положения меток шаблона

На рис. 2 приведены допустимые значения координаты α для каждого шаблона на рис. 1 на поле α размерности $N=4 \times 3=12$. В сумме число положений шаблонов равно 14.

Обозначим изображение, которое необходимо построить с помощью шаблонов, вектором $b=\{b_1, b_2, \dots, b_N\}$, где $b_i \in \{0,1\}$ ($1 \leq i \leq N$). Каждому допустимому положению шаблона поставим в соответствие переменную x_j ($j=1, 2, \dots, 14$), которая принимает значения 0 или 1 в зависимости от того, принимает ли данный шаблон участие в построении изображения. Если вместо координаты α для каждого шаблона подставить значения из рис. 2, то каждой переменной будет сопоставлен кортеж, определяющий номера клеток, на которые накладывается соответствующий шаблон.

$$c_1 = (1, 2, 5, 7, 8), c_2 = (2, 3, 6, 8, 9), c_3 = (4, 5, 8, 10, 11), c_4 = (5, 6, 9, 11, 12), c_5 = (1, 2, 4, 7, 8), \\ c_6 = (2, 3, 5, 8, 9), c_7 = (4, 5, 7, 10, 11), c_8 = (5, 6, 8, 11, 12), c_9 = (1, 3, 4, 5, 6), c_{10} = (4, 6, 7, 8, 9), \\ c_{11} = (7, 9, 10, 11, 12), c_{12} = (1, 2, 3, 4, 6), c_{13} = (4, 5, 6, 7, 9), c_{14} = (7, 8, 9, 10, 12).$$

Суммируя для каждой клетки поля π переменные, в кортежи которых входит номер этой клетки, получим систему уравнений.

$$\sum_{c_i \cap j \neq \emptyset} x_i \equiv b_j \pmod{2}, \quad j=1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

На рис. 3 показаны допустимые положения всех четырех шаблонов и указаны обозначающие их переменные. Внутри шаблона попадают номера клеток, которые определяют каждый кортеж c_i ($1 \leq i \leq N$).

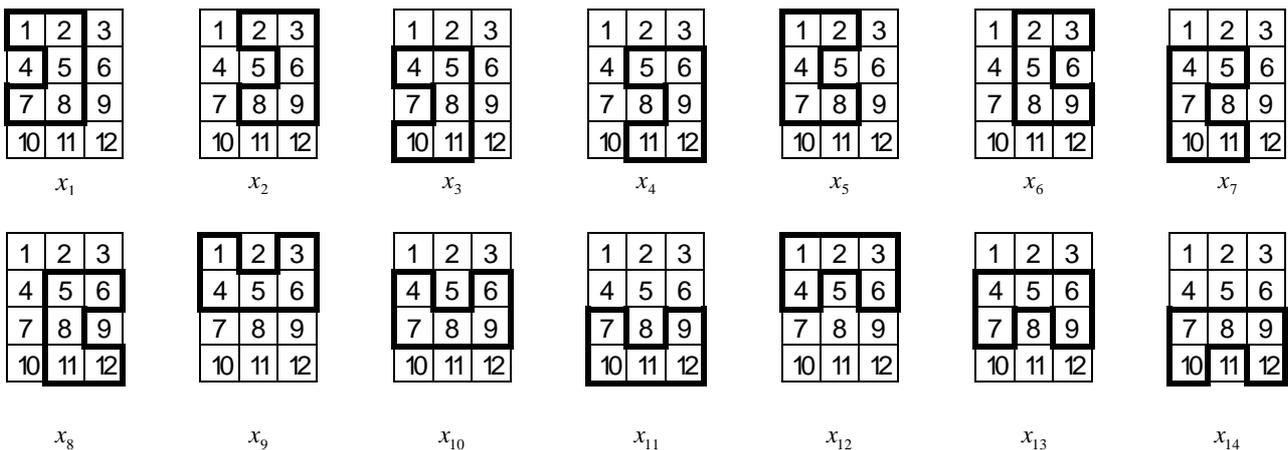


Рис. 3. Переменные для всех положений шаблона

Теперь, глядя на рис. 3, можно легко составить систему уравнений (2) для наших шаблонов. В i -й строке суммируются переменные, кортежи которых содержат i -ю клетку, а в правой части должно быть b_i ($1 \leq i \leq N$).

$$\begin{array}{rccccccccccccccc}
x_1+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_5+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_9+ & \cdot & \cdot & x_{12} & \cdot & \cdot & \equiv & b_1 \\
x_1+ & x_2+ & \cdot & \cdot & x_5+ & x_6+ & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{12} & \cdot & \cdot & \equiv & b_2 \\
& & x_2+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_6+ & \cdot & \cdot & x_9+ & \cdot & \cdot & x_{12} & \cdot & \cdot & \equiv & b_3 \\
& & & & x_3+ & \cdot & x_5+ & \cdot & x_7+ & \cdot & x_9+ & x_{10}+ & \cdot & x_{12}+ & x_{13} & \cdot & \equiv & b_4 \\
x_1+ & \cdot & x_3+ & x_4+ & \cdot & x_6+ & x_7+ & x_8+ & x_9+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_{13} & \cdot & \equiv & b_5 \\
& & x_2+ & \cdot & x_4+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_8+ & x_9+ & x_{10}+ & \cdot & x_{12}+ & x_{13} & \cdot & \equiv & b_6 \\
x_1+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_5+ & \cdot & x_7+ & \cdot & \cdot & x_{10}+ & x_{11}+ & \cdot & x_{13}+ & x_{14} & \equiv & b_7 \\
x_1+ & x_2+ & x_3+ & \cdot & x_5+ & x_6+ & \cdot & x_8+ & \cdot & x_{10}+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_{14} & \equiv & b_8 \\
& & x_2+ & \cdot & x_4+ & \cdot & x_6+ & \cdot & \cdot & x_{10}+ & x_{11}+ & \cdot & x_{13}+ & x_{14} & \equiv & b_9 \\
& & & & x_3+ & \cdot & \cdot & \cdot & x_7+ & \cdot & \cdot & x_{11}+ & \cdot & x_{14} & \equiv & b_{10} \\
& & & & x_3+ & x_4+ & \cdot & \cdot & x_7+ & x_8+ & \cdot & x_{11}+ & \cdot & \cdot & \equiv & b_{11} \\
& & & & & & & & x_4+ & \cdot & \cdot & x_8+ & \cdot & x_{11}+ & \cdot & x_{14} & \equiv & b_{12}
\end{array} \Bigg\} \pmod{2} \quad (3)$$

Вопрос о существовании решения данной системы уравнений представляет самостоятельный интерес. Как правило, количество переменных в ней больше количества уравнений, что позволяет найти хотя бы одно решение.

3. Построение базиса решения

Когда переменных слишком много, возникает идея отсеять зависимые переменные. Один из возможных способов такой. Представим, что изображение, которое необходимо построить, есть вектор b , такой, что $b_\alpha = 1$ ($1 \leq \alpha \leq n$), а остальные $b_i = 0$ ($i \neq \alpha$). Если существует решение системы уравнений (2), то назовем такое решение единицей и обозначим его $I(\alpha)$. В нашей системе уравнений (3) положим $x_1 = x_3 = x_7 = x_9 = x_{12} = 1$, а все остальные x_i приравняем нулю. В результате в правой части будет $b_1 \equiv 1 \pmod{2}$, остальные $b_j \equiv 0 \pmod{2}$ ($j > 1$). Это означает, что если вместо переменных подставить соответствующие шаблоны, то их наложение на поле π даст в первой клетке черный цвет, а в остальных клетках – цвет 0 (отсутствие цвета). Это будет уравнение

$$I(1) \equiv [s_1(1) + s_1(4) + s_2(4) + s_3(1) + s_4(1)] \pmod{2}. \quad (4)$$

Для проверки сложим соответствующие кортежи:

$$(1) = (1, 2, 5, 7, 8) + (4, 5, 8, 10, 11) + (4, 5, 7, 10, 11) + (1, 3, 4, 5, 6) + (1, 2, 3, 4, 6).$$

Может получиться, что для других клеток поля π не существует решения в виде (4), что возможно при ограниченности поля π или по другим причинам. Будем говорить, что подмножество шаблонов $S_0 \subset S$ образует базис решения системы уравнений (2), если с его помощью можно построить любую единицу $I(\alpha)$ ($1 \leq \alpha \leq N$). Самым элементарным базисом есть шаблон, состоящий из одной клетки. Назовем шаблон s гомоморфным единице $I(\alpha)$, если существует решение уравнения

$$I(\alpha) = \sum_i s(i) \pmod{2}, \quad (5)$$

где i – некоторое значение метки допустимых положений шаблона и всех его преобразований. Как видим, шаблон на рис. 1 гомоморфен единице.

Шаблон s называется самодостаточным для базиса, если он гомоморфен любой единице поля \mathcal{L} .

Лемма 1. Если число клеток шаблона чётно, то он не гомоморфен ни одной единице.

Это вытекает из того, что наложение любого количества таких шаблонов и их допустимых преобразований даёт в пересечении чётное число. Другими словами, в правой части (5) будет число клеток цвета 1, равное $0 \pmod{2}$, и в левой части не должна появиться единица.

Теорема 1. Шаблон s на рис.1 является самодостаточным для базиса в любом поле размерности, не меньшей $N = 4 \times 3$.

Для доказательства теоремы необходимо непосредственно найти уравнение каждой единицы $I(\alpha)$ ($1 \leq \alpha \leq N$). Однако это не очень рациональный путь. Для этого поля уже найдено уравнение единицы $I(1)$. Если воспользоваться свойством симметрии шаблонов, то легко найти уравнение для $I(3)$. Относительно вертикальной оси симметрии поле в соответствующих определённых позициях s_1 симметрично s_2 , а s_3 и s_4 симметричны сами себе. Поэтому

$$I(3) \equiv [s_2(2) + s_2(5) + s_1(5) + s_3(1) + s_4(1)] \pmod{2}. \quad (6)$$

Это можно проверить так же, как и уравнение (4).

$$(2, 3, 5, 8, 9) + (5, 6, 8, 11, 12) + (5, 6, 9, 11, 12) + (1, 3, 4, 5, 6) + (1, 3, 4, 5, 6) \equiv (3).$$

Если использовать свойство симметрии шаблонов относительно горизонтальной оси симметрии поля, то можно получить уравнения $I(10)$ и $I(12)$. Если удастся найти уравнение для $I(2)$, то затем все единицы поля легко найти с помощью добавления одного из двух уравнений, определяющих две последовательные клетки (горизонтальные или вертикальные), которые мы назовём димерами. Горизонтальный димер имеет уравнение $(\beta, \beta+1)$, а вертикальный – $(\beta, \beta+n)$. Ниже приведены их уравнения.

$$s_1(\alpha) + s_2(\alpha) = (\alpha, \alpha+1, \alpha+n+1, \alpha+2n, \alpha+2n+1) + (\alpha, \alpha+1, \alpha+n, \alpha+2n, \alpha+2n+1) \equiv (\alpha+n, \alpha+n+1) \pmod{2}. \quad (7)$$

Очевидно, что горизонтальные димеры можно образовать только во второй и третьей строках, а их всего 4 (4, 5), (5, 6), (7, 8), и (8, 9).

$$s_3(\alpha) + s_4(\alpha) = (\alpha, \alpha+2, \alpha+n, \alpha+n+1, \alpha+n+2) + (\alpha, \alpha+1, \alpha+2, \alpha+n, \alpha+n+2) \equiv (\alpha+1, \alpha+n+1) \pmod{2}. \quad (8)$$

Вертикальные димеры можно образовать только во втором столбце и их всего 3 - (2, 5), (8, 9), и (8, 11).

Добавляя к $I(2)$ вертикальный димер (4, 5), получим $I(2)$, и так далее. Если в уравнения (6-8) вместо шаблонов подставить кортежи, то запись уравнений единиц будет выглядеть компактно. $I(2)$ можно найти перебором. Окончательная запись всех единиц выглядит так (вместо c_i будем писать i):

$$\begin{aligned} I(1) &= (1,3,7,9,12); & I(2) &= (2,3,4,5,7,8,12); & I(3) &= (6,7,8,9,12); \\ I(4) &= (1,2,3,4,7,8,9); & I(5) &= (2,3,4,5,7,8,9); & I(6) &= (3,4,5,6,7,8,9); \\ I(7) &= (1,2,3,4,5,6,14); & I(8) &= (1,2,3,4,5,6,7,8,10); & I(9) &= (1,2,3,5,6,7,10); \\ I(10) &= (1,3,5,11,14); & I(11) &= (1,2,4,5,6,7,11); & I(12) &= (2,6,8,11,14). \end{aligned} \quad (9)$$

Этим и завершается доказательство теоремы.

4. Построение плоских изображений для $K > 2$

В отличие от шаблонов при $K=2$, которые были одноцветными, здесь уравнение шаблона должно включать и распределение цветов по его составляющих клеткам. Поэтому оно записывается в виде

$$s(\alpha) = \{(\alpha, q_1), (\alpha + i_1, q_2), \dots, (\alpha + i_{r-1}, q_r)\}, \quad (10)$$

где $0 < i_1 < i_2 < \dots < i_{r-1} \leq N - \alpha$, а $q_j \in Q (1 \leq j \leq r)$, а r равно числу клеток шаблона.

Для каждого шаблона определяется его допустимое положение на поле π , как на рис. 2. Пусть, например, первый шаблон на рис. 1 окрашен в цвета в порядке нумерации его клеток как (3, 8, 2, 2, 3) для $K=10$ (рис. 4). Тогда его уравнение имеет вид

$$s(\alpha) = \{(\alpha, 3), (\alpha + 1, 8), (\alpha + n + 1, 2), (\alpha + 2n, 2), \dots, (\alpha + 2n + 1, 3)\}. \quad (11)$$

3	8	
	2	
3	2	

Рис. 4. Шаблон с соответствующей раскраской при $Q = \{0, 1, \dots, 9\}$

При накладывании нескольких шаблонов цвета в одинаковых клетках накладываются по $\text{mod } K$. Например, наложение шаблона (11) самого на себя приводит к новой раскраске шаблона:

$$2s(\alpha) = s(\alpha) + s(\alpha) = \{(\alpha, 6), (\alpha + 1, 6), (\alpha + n + 1, 4), (\alpha + 2n, 4), (\alpha + 2n + 1, 6)\}. \quad (12)$$

Количество переменных не зависит от K , и по-прежнему равно сумме всех возможных положений на поле каждого шаблона вместе с его преобразёнными копиями. То же касается и кортежей соответствующих переменных. При этом $x_i \in Q, i=1, 2, \dots, N$. Пусть задан вектор изображения $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, где $b_j \in Q (1 \leq j \leq N)$. Теперь для каждой клетки поля π можно

записать уравнение, куда будут входить вместе с цветом переменные, кортежи которых содержат номер этой клетки. Получим следующую систему уравнений типа (6):

$$\sum_{c_i \cap j \neq \emptyset} x_i q_j^{(i)} \equiv b_j \pmod{K}, \quad j=1, 2, \dots, N, \quad (13)$$

где $q_j^{(i)}$ – цвет клетки соответствующего i -го шаблона, наложенной на клетку j .

Если система (13) имеет хотя бы одно решение, то заданное изображение можно построить с помощью наличных шаблонов. Однако решение системы уравнений (13) стандартными методами в общем виде искать очень сложно, поэтому будем поступать по аналогии со случаем $K=2$.

Представим, что правые части (13) не заданы. Если с помощью подбора значений переменных получим в правой части системы уравнений (13) для какого-либо одного $b_\alpha \neq 0 \pmod{K}$, а для всех остальных $b_j \equiv 0 \pmod{K} (j \neq \alpha)$, то назовём такое решение одноклеточным. Этому решению соответствует уравнение типа (4)

$$(\alpha, q) = \sum_{s_j(\alpha_j) \cap \alpha \neq \emptyset} y_j s_j(\alpha_j) \pmod{K}; \quad q \in Q, y_j \in Q, \quad (14)$$

где α_j – метка соответствующих шаблонов и сложение ведётся по правилам (12).

Если для каждого K существует обратный элемент q^{-1} , то, обозначив $z_j = y_j q^{-1}$, получим решение для получения единицы в клетке α .

Назовём шаблон s гомоморфным одной клетке α , если существует решение уравнения (14) только для этого типа шаблона и его различных преобразований в пространстве.

Будем говорить, что подмножество шаблонов $S_0 \subset S$ образует базис для решения системы уравнений (13), если

- а) с его помощью можно построить в каждой клетке поля π раскраску $q \in Q$;
- б) q имеет для данного K – обратный элемент.

Шаблон s называется самодостаточным для решения системы (13), если он совместно со своими преобразованиями образует базис. Ясно, что всякий самодостаточный шаблон является гомоморфным каждой клетке поля. Но обратное неверно, так как если шаблон гомоморфен каждой клетке поля, для некоторых клеток значения цвета не удовлетворяют условию (б).

Из всех самодостаточных шаблонов иногда можно выделить такие, которые образуют одноклеточное решение кратным наложением шаблона на себя. Об этом уже упоминалось в [3], для линейного поля π , а всё, что говорилось о линейных шаблонах, остаётся справедливым для двумерного поля.

Лемма 2. Шаблон s , у которого раскраска клеток удовлетворяет условию

$$\text{НОД}\{q_1, q_2, \dots, q_r, K\} = \lambda > 1, r = |s|, \quad (15)$$

не может быть самодостаточным для решения системы уравнений (13).

Действительно, при сложении такого шаблона и всех его преобразований сумма цветов всегда даёт цвет $q = 0 \pmod{\lambda}$, $q \in Q$. Представим, что q^{-1} существует, что должно быть

обязательным для самодостаточности шаблона. Это означает, что существует такое $t \neq 0 \pmod{K}$, для которого $tq \equiv 1 \pmod{K}$, или то же самое $tq = Kl + 1$ для некоторого целого l . Но $K \equiv 0 \pmod{\lambda}$, поэтому $tq \equiv 1 \pmod{\lambda}$. Отсюда вытекает, что $q \neq 0 \pmod{\lambda}$, а это противоречит начальным условиям.

Рассмотрим шаблон на рис. 3 и покажем, что он является гомоморфным для клетки α , принадлежащей множеству допустимых положений. Для этого воспользуемся наложением на себя самого шаблона и его отражения на 180° вокруг горизонтальной оси симметрии. Для этого надо решить систему уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} 3x_1 + 2x_2 \equiv q \\ 8x_1 + 3x_2 \equiv 0 \\ 2x_1 + 2x_2 \equiv 0 \end{array} \right\} \pmod{10}, q \equiv 0 \pmod{10}. \quad (16)$$

Если оставить первое уравнение, то получим однородные уравнения, и эта система уравнений будет иметь решение, если её определитель равен $0 \pmod{10}$. Этот определитель в самом деле равен $8 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 10 \equiv 0 \pmod{10}$. Положим $x_1 \equiv 3 \pmod{10}$, тогда $x_2 \equiv 2 \pmod{10}$. Подставляя эти значения в первое уравнение, получим $q \equiv 3 \pmod{10}$. Этот шаблон гомоморфен одной клетке, так как $q^{-1} \equiv 7 \pmod{10}$. Умножая решение на 7, получаем $z_1 \equiv 3 \cdot 7 \equiv 1 \pmod{10}$, $z_2 \equiv 2 \cdot 7 \equiv 4 \pmod{10}$. Тем самым система уравнений (16) даёт уравнение единицы $l(\alpha)$, так как $3 \cdot 1 + 2 \cdot 4 \equiv 1 \pmod{10}$. Точно так же, путём поворота на 180° относительно вертикальной оси, легко получить единицу и на второй клетке, аналогично на двух нижних клетках. На средней клетке легко получить единицу, если поле имеет размер $m \geq 4$. Таким образом, шаблон на рис. 3 является самодостаточным на любом поле размера $N \geq 4 \times 2$.

5. Выводы

Предложенная задача может иметь как самостоятельную ценность при построении любых цветных изображений на прямоугольном поле с помощью заданного множества микрообразов или шаблонов, так и побочную, которая относится к методам решения систем линейных уравнений больших порядков. Предложенный в данной работе метод использует локальные свойства шаблонов такие, как его гомоморфность одной или нескольким клеткам поля зрения. Подобный метод можно применять к решению систем линейных уравнений с матрицей, имеющей повторяющуюся структуру, наподобие теплицевой. Об этом будет идти речь в последующих публикациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлезингер М.И. Математические средства обработки изображений. – К.: Наукова думка, 1989. – 197 с.
2. Донец Г.А., Самер И.М. Альшаламе Задача о дискретном построении образов // Теория оптимальных решений. – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2004. – С.117–122.
3. Донец Г.А., Самер И.М. Альшаламе Решение задачи о построении линейной мозаики // Теория оптимальных решений. – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2005. – С.15–24.