

Лабораторная работа № 5 Исследование QR-кода

1. Цель работы

Получить навыки в использовании QR-кода.

2. Общие сведения

Современные телекоммуникационные технологии стремительно внедряются в нашу повседневную жизнь. Удивительные возможности помехоустойчивого кодирования можно рассмотреть на примере QR-кодов.

Информация кодируется при помощи черных и белых квадратов, которые после сканирования превращаются в логические единицы и нули.

Формирование изображений матриц ведётся таким образом, чтобы обеспечить наиболее благоприятные условия для работы сканирующей аппаратуры. Для этого в процессе кодирования создаётся восемь матриц и выбирается лучшая из них. Появляющиеся в процессе эксплуатации искажения рисунка матрицы устраняются путём использования помехоустойчивого кода Рида-Соломона.

Умение работать с QR-матрицами и понимание принципов кодирования и декодирования должно стать нормой для современного образованного человека. В процессе выполнения данной лабораторной работы необходимо использовать современные телекоммуникационные средства: мобильные телефоны, смартфоны, планшетники.

QR-код (англ. quick response — быстрый отклик) — матричный код, разработанный японской компанией «Denso-Wave» в 1994 году [1].

Очевидно, что вместимость одной кодовой матрицы не является безграничной. Максимальное количество символов, которые можно поместить в одну матрицу, зависит от вида кодируемой информации (цифры, буквы, двоичный код, иероглифы), уровня коррекции ошибок и версии используемого QR-кода. Для версии 40 в одной матрице при минимальном уровне коррекции ошибок можно разместить 7089 десятичных цифр, либо 4296 букв и цифр, либо 2953 двоичных данных, либо 1817 иероглифов.

Наибольшее распространение рассматриваемый код получил среди абонентов мобильной связи. Пользователь может моментально занести в свой мобильный телефон (ноутбук) текстовую информацию, контакты в адресную книгу, перейти по Web-ссылке, отправить SMS-сообщение и т. д.

С помощью QR-кодов удобно делать визитки и размещать их на майках, фуражках, значках. Коды открывают большие возможности для рекламы. За счёт размещения QR-кода на рекламном щите, плакате (постере) или объявлении можно привлечь большое число клиентов.

Для того чтобы сделать туристические маршруты более информатив-

ными, на улицах г. Львова (Украина) размещено более 80 изображений QR-кодов. Ими оснащены коммерческие и культурные объекты, в том числе памятники, архитектурные сооружения.

QR-коды используются для маркировки ответственных деталей. Гравировка металлической поверхности позволяет наносить код на детали, подвергающиеся воздействиям высоких температур, давлений или агрессивных химических веществ. Данный код имеет высокую помехоустойчивость. Даже при наличии повреждений (искажений) изображения на площади 30% всё ещё есть возможность безошибочно считать информацию.

С помощью QR-кодов можно получать прогнозы времени прибытия транспорта на конкретную остановку. Можно считать QR-код с названием остановки фотокамерой своего мобильного телефона. Это позволяет сразу открыть страницу с прогнозами прибытия транспорта на данную остановку.

QR-код не является единственным вариантом двухмерного штрих-кода. Известны и другие форматы: DataMatrix, ScanLife EZcode и Microsoft Tag (Tag).

Три квадрата в углах изображения QR-кода позволяют устройству правильно определять его пространственную ориентацию. Черные и белые точки изображения преобразуются считывающим устройством в двоичные числа. Затем производится обработка цифровой информации. На матрице размещается системная информация, информационные биты, корректирующие биты [2]. При обработке считанного изображения используется алгоритм Рида-Соломона, который позволяет устранить треть возможных искажений матрицы.



Рис. 4.1. Разновидности двухмерных матриц

QR-коды можно создавать с различной степенью помехозащищённости. Чем выше помехозащищённость, тем больше избыточной информации содержит матрица и тем меньше остаётся места для информационных битов.

Матрицу можно создать с одним из четырёх уровней коррекции ошибок. Эти уровни определяют долю информации, подлежащую восстановлению за счёт использования корректирующего кода.

Таблица 4.1

Уровень коррекции ошибок	Код	Допустимые искажения
L	01	7%
M	00	15%
Q	11	25%
H	10	30%

Уровни L и M рекомендуется использовать для печати кодов на пригласительных билетах, объявлениях, визитках, плакатах, рекламных щитах и т.д. Уровни Q и H применяют для маркировки промышленных деталей, когда существует высокая вероятность повреждения изображения кода.

Таблица 4.2 показывает, как выглядит код слова «Проба» при различных уровнях коррекции ошибок. Визуально можно заметить, что с увеличением уровня помехоустойчивости число элементов в матрице растёт.

Таблица 4.3 демонстрирует высокую степень помехоустойчивости QR-кодов. Даже на перечёркнутых матрицах есть возможность правильно декодировать информацию.

Следует обратить внимание, что считывание информации прекращается в случаях, когда существенно искажён один из трёх прямоугольников, отвечающих за определение ориентации матрицы (см. табл. 4.4). В то же время наличие двадцати цветных точек на изображении матрицы не приводит к снижению надёжности считывания информации (см. табл. 4.5).

Таблица 4.2





7%		15%	
25%		30%	

Таблица 4.3

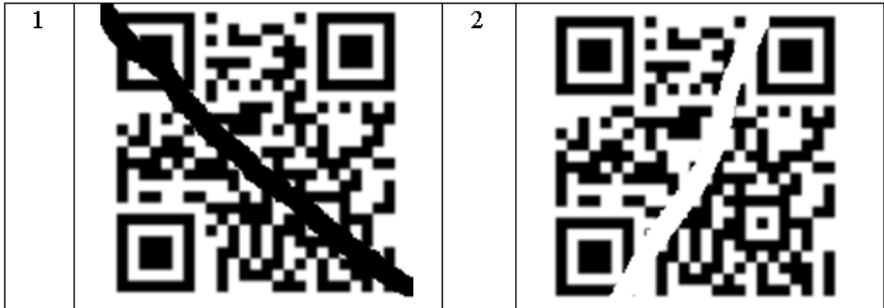


Таблица 4.4

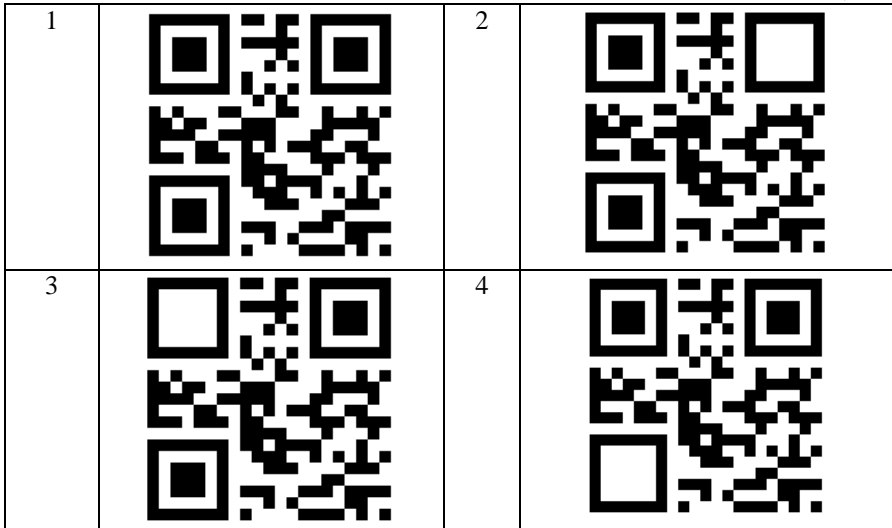
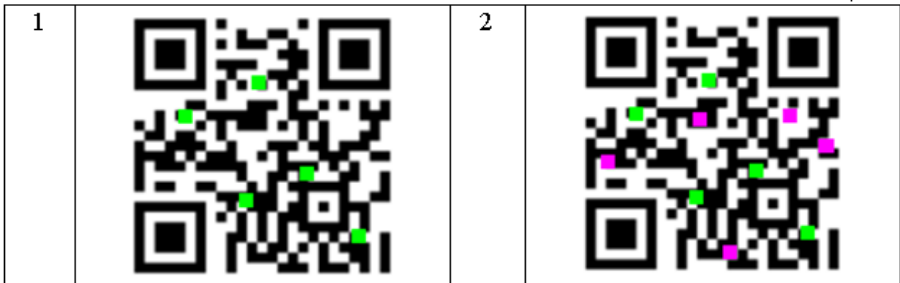


Таблица 4.5



Рассмотрим структуру матрицы.

Информационные биты, контрольные биты и системная информация располагаются в определённых местах матрицы. Порядок размещения всех элементов матрицы определены правилами, которые описаны в спецификации [4].

На каждой матрице имеется три указателя ориентации 1 (УО). Между тремя УО проходят две линии синхронизации 2, которые состоят из чередующихся белых и черных модулей (пикселей). Вблизи левого нижнего указателя ориентации размещается чёрный пиксель 3 (см. рисунок).

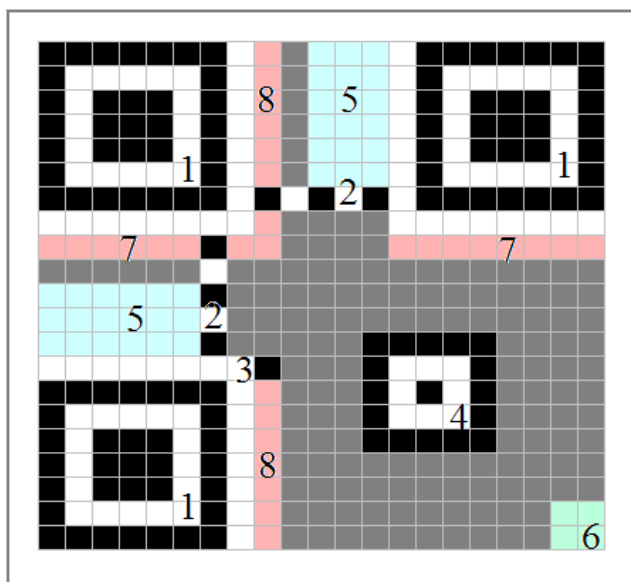


Рис.4.2. Структура матрицы

В настоящее время разработано 40 версий QR-кодов. На матрицах QR-кодов, начиная с версии 2, имеются метки центровки 4. В версии 1 такой метки нет, но в старших версиях QR-кода можно насчитать 46 таких меток.

В областях 5 для версий старше шестой размещается информация о версии кода. В четырёх модулях 6 содержится код, которые определяет, какой вид данных содержится в матрице. Системная информация размещается в областях 7 и 8.

Информация об уровне коррекции ошибок и виде использованной маски располагается в системной строке (см. следующий рисунок). Разряды 14 и 13 содержат сведения об используемом уровне коррекции ошибок. Разряды 12, 11 и 10 показывают, какая маска использована для наложения на

3. Задания на выполнение лабораторной работы

3.1. Задание 1. Аппаратно-программное декодирование QR-кода

С помощью фотокамеры мобильного телефона (смартфона, ноутбука, планшета) или специализированных Web-сайтов декодировать коды, приведённые в табл.3.1.

3.2. Задание 2. Формирование QR-кода (создание визитки)

Создать собственную визитку. Для этого с помощью генератора QR-кода закодировать свою фамилию, имя, группу и полное название ВУЗа.

3.3. Задание 3. Экспериментальное исследование помехоустойчивости QR-кода

Используя QR-код, полученный в предыдущем задании, выполнить следующие действия.

1. Изменить ориентацию изображения QR-кода (или фотокамеры). Произвести считывание (декодирование) информации.
2. Изменить масштаб изображения матрицы QR-кода. Произвести считывание информации. Определить минимально допустимые размеры картинки, при которых считывание информации ещё возможно.
3. Нанести на изображение визитки 5 синих точек в произвольных местах матрицы (кроме областей указателей ориентации). Попытайтесь считать информацию.
4. Дополнительно нанести на изображение визитки 5 жёлтых точек. Произвести считывание информации.
5. Дополнительно к п.4 на изображении визитки провести чёрную линию. Линия не должна пересекать указатели ориентации (три черных квадрата). Сделать попытку считывания информации.
6. Дополнительно к п.5 на изображении визитки провести белую линию. Линия не должна пересекать указатели ориентации. Произвести считывание информации.

3.4. Задание 4. Определение версии QR-кода

Определить версию кода для матрицы из таблицы 3.2.

3.5. Задание 5. Определение уровня коррекции ошибок

Определить уровни коррекции ошибок для двух матриц (таблицы 3.1 и 3.2).

3.6. Задание 6. Определение вида использованной маски

Определить вид использованных масок для двух матриц (таблицы 3.1 и 3.2).

3.7. Задание 7. Определение формата представления данных

Определить формат представления данных для двух матриц (таблицы 3.1 и 3.2). Формат записать в двоичной системе счисления.

3.8. Задание 8. Ручное декодирование QR-кода

Вручную декодировать сообщение, приведённое в табл. 3.3.

В представленных матрицах верхние пять строк умышленно срезаны (для исключения возможности аппаратно-программного декодирования).









В отчёте следует подробно описать все этапы ручного декодирования и проиллюстрировать выполненные операции с помощью рисунков. Итогом выполнения задания должно стать сообщение, записанное с учётом верхнего и нижнего регистра (заглавные и строчные буквы).

3.9. Задание 9. Вычисление штрафных баллов

Произвести расчёт штрафных баллов по правилу начисления штрафа за каждую группу из пяти или более одноцветных пикселей в одной строке (или столбце).

Для расчёта использовать матрицы, приведённые в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Вар.	QR-код	Вар.	QR-код
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

Продолжение таблицы 3.1















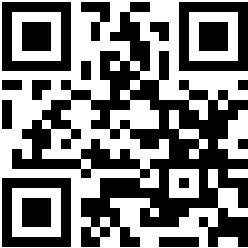

Вар.	QR-код	Вар.	QR-код
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	

Таблица 3.2

Вар.	QR-код	Вар.	QR-код
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

Продолжение таблицы 3.2

























Вар.	QR-код	Вар.	QR-код
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	

Таблица 3.3

Вар.	QR-код	Вар.	QR-код
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

Продолжение таблицы 3.3

Вар.	QR-код	Вар.	QR-код
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	

4. Порядок выполнения лабораторной работы

4.1. Методические указания к заданию 3.1

Наиболее просто операция декодирования выполняется с помощью мобильного телефона со встроенной фотокамерой и установленной программой считывания. На ряде моделей мобильных телефонов нет программ для распознавания QR-кодов. В этом случае рекомендуются установить следующие программы:

для Android: Google Goggles, QuickMark, Barcode Scanner, Barcode2file, QR Droid, NeoReader, ixMAT Scanner, 2D-код, Elinext UPC, I-Nigma, QR Droid;

для iPhone и iPad: RedLaser, QR Reader for iPhone, Bakodo - Barcode Scanner and QR Bar Code Reader, AT&T Code Scanner, Elinext UPC, Ценометр;

для Windows Phone 7: приложение уже встроено в поиск (Обновление Mango);

для Symbian OS: QuickMark, Kaywa reader, Nokia barcode reader, I-Nigma, UpCode, NeoReader, BeeTag;

для Java: Kaywa reader, I-Nigma, UpCode;

для Bada: BeeTagg, Quick QR Reader;

для Maemo: mbarcode;

для Windows Mobile: QuickMark, I-Nigma;

для BlackBerry OS: приложение уже встроено в App World.

При отсутствии у пользователя устройств распознавания QR-кода кодирование и декодирование можно выполнить с помощью скриптов, к которым есть свободный доступ в Интернет.

В качестве специализированных Web-сайтов (генераторов и распознавателей QR-кодов), предназначенных для кодирования и декодирования QR-кодов, можно использовать:

- <http://qrcoder.ru>
- <http://qr-coder.net/>
- <http://qr.foxtools.ru>
- <http://qrrussia.ru/>
- <http://www.qurify.com/ru/>
- <http://creambee.ru/>
- <http://www.qrstuff.com/>
- <http://www.qrcodegenerator.ru/>

Допустимо для кодирования и декодирования использовать любой другой сайт, найденный самостоятельно в Интернет.

В отчёте нужно указать, какое аппаратное средство использовано или с помощью какого сайта произведено кодирование (декодирование) информации.

4.2. Методические указания к заданию 3.2

Если формирование кода ведётся с помощью аппаратного средства, то нужно ознакомиться с инструкцией по работе с мобильным телефоном, нетбуком или планшетником. Полученное изображение кода можно демонстрировать преподавателю непосредственно на мобильном телефоне (нетбуке, планшете). Допустимо результат кодирования представлять в виде графического файла. Наилучшие графические форматы для подобных изображений PNG или GIF (в этих случаях размеры файлов будут наименьшими).

Если кодирование ведётся с помощью специализированного сайта, то необходимо сделать фотографию (скриншот) полученного кода. Преподавателю следует представить графический файл либо фотографию кода, сделанную цифровым фотоаппаратом. Менее рациональный вариант - представить матрицу в распечатанном на принтере виде. При наличии у студента большого количества свободного времени матрицу можно аккуратно перерисовать в отчёт карандашом ☺.

4.3. Методические указания к заданию 3.3

При выполнении этого задания целесообразно использовать растровый графический редактор типа MS Paint. С его помощью удобно на изображение матрицы наносить точки и проводить линии.

Результаты сканирования с экрана монитора во многом зависят от качества дисплея и его настройки, а также от матрицы фотоаппарата мобильного телефона. Поэтому в отчёте нужно указать тип использованного сканирующего устройства и дисплея.

Изменить масштаб рисунка можно, вставив его в текстовый редактор. Результаты исследований в этом задании нужно представить преподавателю в виде картинок (скриншотов) с комментариями. Примерный вид комментариев должен быть таким: «Считывание информации прошло успешно» или «Считать информацию не удалось».

При определении минимально допустимого размера матрицы длину сторон квадрата нужно указать в сантиметрах.

4.4. Методические указания к заданию 3.4

Существует 40 версий QR-кода. С увеличением номера версии кода объем помещаемых в матрицу данных увеличивается. Определить, к какой версии относится данная матрица, можно тремя способами:

- подсчитать, какое число пикселей содержит матрица;
- определить координаты меток центровки;
- для версий старше шестой существуют области на матрице, где содержится информация об используемой версии.

В таблице приведена информация о числе модулей (пикселей) для различных версий QR-кодов.

Табл. 4.4.1

Версия	Число модулей
1	21x21
2	25x25
3	29x29
4	33x33
...	...
40	177x177

Анализируя приведённую таблицу, легко заметить линейную закономерность: очередная версия QR-кода отличается от предыдущей версии тем, что сторона матрицы увеличена на 4 модуля. Подсчитав число модулей, можно определить версию QR-кода для данной матрицы.

В таблице приведены сведения о координатах меток центровки для версий 2...13. Полная версия этой таблицы приведена в Приложении 3.

Табл. 4.4.2

Версия	Строки		
	6	18	
2	6	18	
3	6	22	
4	6	26	
5	6	30	
6	6	34	
7	6	22	38
8	6	24	42
9	6	26	46
10	6	28	50
11	6	30	54
12	6	32	58
13	6	34	62

На следующем рисунке для примера показано изображение матрицы QR-кода версии 7.

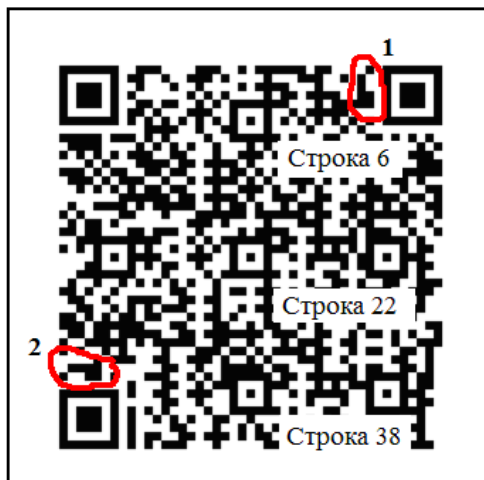


Рис. 4.4.1 Матрица QR-кода версии 7

Из рисунка видно, что шесть меток центровки расположены на пересечении строк и столбцов, определённых в таблице. Координаты определяются по чёрному модулю (пикселю), расположенному внутри белого квадрата. Метки центровки не ставятся в местах, где расположены указатели ориентации (три угла).

На матрицах, начиная с версии 7, имеются две области, где содержится закодированная информация об использованной версии. Эти области отмечены на рисунке цифрами 1 и 2. В табл. 4.4.3 приведены коды некоторых версий QR-кода. Полная версия таблицы приведена в Приложении 4.

Табл. 4.4.3

Версия	Код
7	001010010011111000
8	000111101101000100
9	100110010101100100
10	011001011001010100
11	011011111101110100
12	001000110111001100
13	111000100001101100

Таблицы 4.4.4 и 4.4.5 показывают, в каком порядке размещаются биты восемнадцатирядного кода в отмеченных областях.

Табл. 4.4.4

0	3	6	9	12	15
1	4	7	10	13	16
2	5	8	11	14	17

Табл. 4.4.5

0	1	2
3	4	5
6	7	8
9	10	11
12	13	14
15	16	17

4.5. Методические указания к заданию 3.5

Определить уровень коррекции ошибок в конкретном случае можно вручную. Так как системная информация дублируется, то сведения о имеющейся корректирующей способности кода можно отыскать в двух местах матрицы. Один раз 15 бит системной информации помещаются в строке 1 (отсчёт слева направо), а второй раз - в столбце 2 (отсчёт снизу-вверх). Естественно, что эти два значения одинаковые. Сведения об уровне коррекции ошибок содержатся в первых двух битах системной информации. Эти два бита расположены в 14 и 13 разрядах системной строки.

На следующем рисунке первые два бита равны 1. Напомним, что логические единицы изображены в виде черных пикселей (модулей), а логические нули – в виде белых. Чтобы определить уровень коррекции нужно эти два бита сложить по правилу Исключающее Или с двоичной маской 10.

В результате сложения получим:

$$\begin{array}{r} 1\ 1 \\ \oplus 1\ 0 \\ \hline 0\ 1 \end{array}$$

Код 01 (см. табл. 4.1) соответствует уровню коррекции ошибок L (7%).

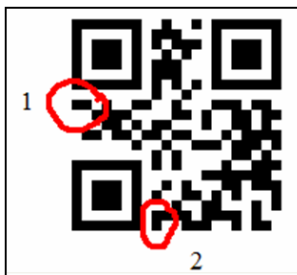


Рис. 4.5.1. Уровень коррекции ошибок 01

На следующем рисунке показана матрица, в которой использован иной уровень коррекции ошибок. Первые два бита во втором случае равны 10. Суммирование с маской 10 даёт результат 00. Это говорит о том, что в этой матрице использован код с уровнем коррекции ошибок M (15%).

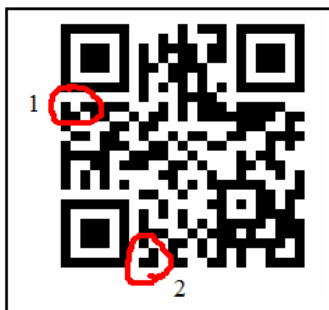


Рис. 4.5.1. Уровень коррекции ошибок 00

Аналогично производятся расчёты для матриц с уровнями коррекции ошибок Q и H. На этих матрицах системная информация начинается битами 01 и 00 соответственно. Суммирование с маской 10 даст коды 11 и 10 соответственно.

4.6. Методические указания к заданию 3.6

Для повышения надёжности сканирования матрицы подвергают дополнительной обработке. Целью этой обработки является формирование такого рисунка матрицы, на котором было бы как можно меньше смежных модулей одинакового цвета. Простыми словами это требование можно сформулировать так: «Матрица должна быть пёстрой и на ней должно быть минимум однотонных сплошных протяжённых участков» (масло в каше должно быть хорошо перемешано).

Цель достигается следующим образом: формируют 8 матриц с одинаковым информационным содержанием, но разного вида (разной формы). Для этого используют 8 масок, которые суммируют с исходной матрицей по правилу Исключающее ИЛИ. Полученные матрицы поочередно подвергают математической обработке, в результате которой выбирают одну матрицу. Отбор матриц осуществляют путём вычисления штрафных баллов. Для оптимальной матрицы число штрафных баллов будет минимальным.

Восемь масок кодируются трёхразрядными числами от 000 до 111. Математически маски описываются формулами, приведёнными в табл. 4.6.1.

Табл. 4.6.1

Код маски	Соотношение
000	$(i + j) \bmod 2 \equiv 0$
001	$i \bmod 2 \equiv 0$
010	$j \bmod 3 \equiv 0$
011	$(i + j) \bmod 3 \equiv 0$
100	$((i \text{ div } 2) + (j \text{ div } 3)) \bmod 2 \equiv 0$
101	$(i \cdot j) \bmod 2 + (i \cdot j) \bmod 3 \equiv 0$
110	$((i \cdot j) \bmod 2 + (i \cdot j) \bmod 3) \bmod 2 \equiv 0$
111	$((i \cdot j) \bmod 3 + (i \cdot j) \bmod 2) \bmod 2 \equiv 0$

В таблице использованы обозначения: j – номер строки матрицы; i – номер столбца; \bmod – операция поиска остатка от целочисленного деления; div – операция деления.

Порядок определения координат модулей иллюстрирует рисунок.

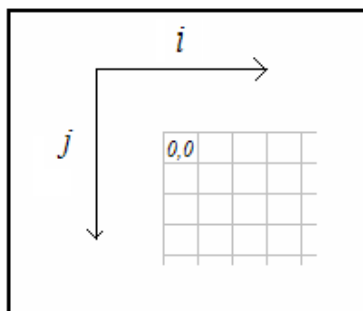


Рис. 4.6.1. Система координат

Формулы используются следующим образом: если координаты рассматриваемого модуля матрицы удовлетворяют данному соотношению, то этот модуль инвертируется. Рассчитанные по формулам таблицы 4.6.1 «узлы» приведены в Приложении 2.

В данном задании требуется лишь определить, какая из восьми масок применена для преобразования исследуемой матрицы. Чтобы выполнить задание, нужно считать три бита, расположенных в разрядах 12, 11 и 10 (см. рис. 4.3). Считанные три бита нужно сложить по правилу Исключающее ИЛИ с числом 101. Полученный результат определяет вид использованной маски в данной матрице (табл. 4.6.1).

4.7. Методические указания к заданию 3.7

При кодировании конкретных сообщений их содержимое бывает самым разнообразным. В одном случае это только десятичные цифры, в другом – буквы и цифры, в третьем – двоичные цифры, в четвёртом – иероглифы.

В зависимости от вида используемых данных запись битов в матрицу происходит в разных форматах. Вид формата указывается с помощью четырёх битов, расположенных в области 6. (рис. 4.2).

Следует обратить внимание, что в области 6 информация о формате данных «искажена» маской. Причём в каждом случае маска может быть любой из восьми допустимых. Поэтому для получения истинного значения кода формата данных нужно обязательно предварительно определить вид использованной маски (см. п.4.6).

Порядок нумерации битов показан на рисунке, причём старший разряд кода формата находится в клетке 1.

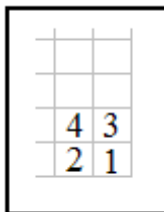


Рис. 4.7.1. Порядок считывания битов

Названия форматов при различных значениях кода указаны в табл. 4.7.1.

Табл. 4.7.1

Код	Формат
0001	Цифровой
0010	Символьный
0100	Двоичный
1000	Японский

Примечание. При выполнении работы формат нужно указать в двоичной системе счисления.

4.8. Методические указания к заданию 3.8

Предположим, что требуется вручную декодировать матрицу QR-кода, показанную на рис. 4.8.1.

Вначале определим, какой вид маски использован при её кодировании. В разрядах 12, 11 и 10 системной строки (рис. 4.3) записано двоичное слово 111. Сложение со статической маской 101 даёт двоичное число 010. По таблице 4.6.1 определяем формулу, использованную для формирования маски:

$$j \bmod 3 \equiv 0. \quad (4.6.1)$$

По формуле 4.6.1 определим вид расчётной маски (рис. 4.8.2). Рисунок 4.8.2 нужно трактовать следующим образом: если на маске имеется чёрный пиксель (модуль), то пиксель матрицы с такими же координатами нужно проинвертировать. У этого правила большое число исключений. На рис. 4.8.3 показаны серым цветом модули, которые инвертировать не следует.

Анализируя рисунок 4.8.3, можно заметить, что от изменения с помощью маски защищены области матрицы, где расположены указатели ориентации, линии синхронизации, системная информация (серые модули на рис. 4.8.3). Скорректированную таким образом расчётную маску назовём фактической маской.

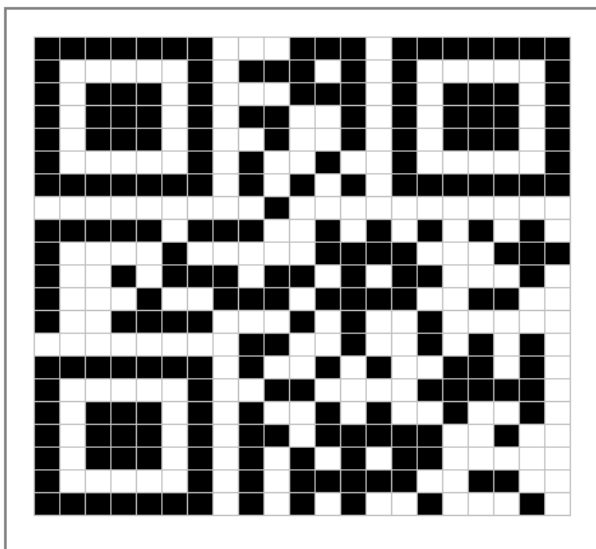


Рис. 4.8.1. Матрица

Процесс наложения фактической маски на матрицу (рис. 4.8.1) показан на рис. 4.8.4.

Наибольший интерес при выполнении этого задания представляет область матрицы, расположенная в правом нижнем углу матрицы. Здесь находятся информационные биты. Рассмотрим детально эту зону (рис.4.8.5). Рисунок 4.8.5 а) показывает фрагмент исходной матрицы, который должен быть подвержен обработке. На рис. 4.8.5 б) выделены модули, которые должны быть проинвертированы. Следует обратить внимание, что верхняя граница рисунка совпадает с системной строкой. Результат взаимодействия маски и матрицы показан на рис. 4.8.5 в).

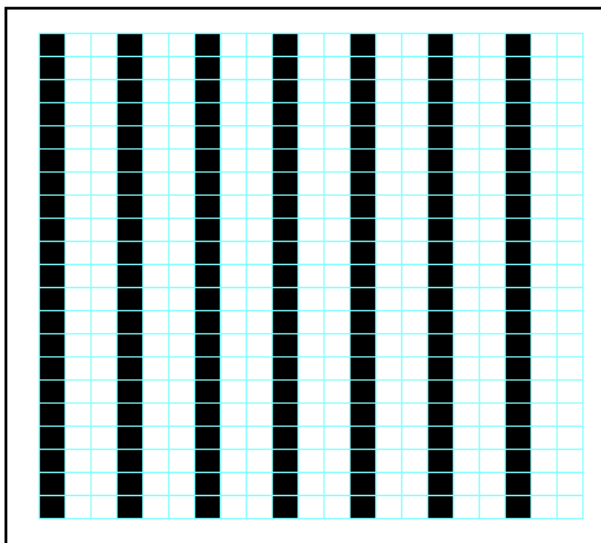


Рис. 4.8.2. Расчётная маска

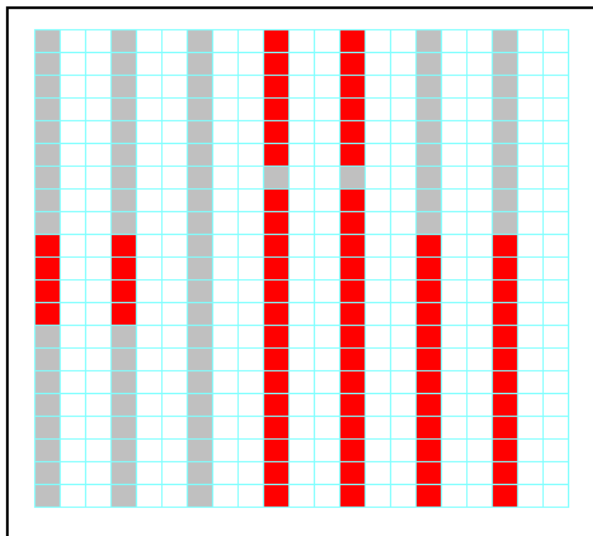


Рис. 4.8.3. Фактическая маска

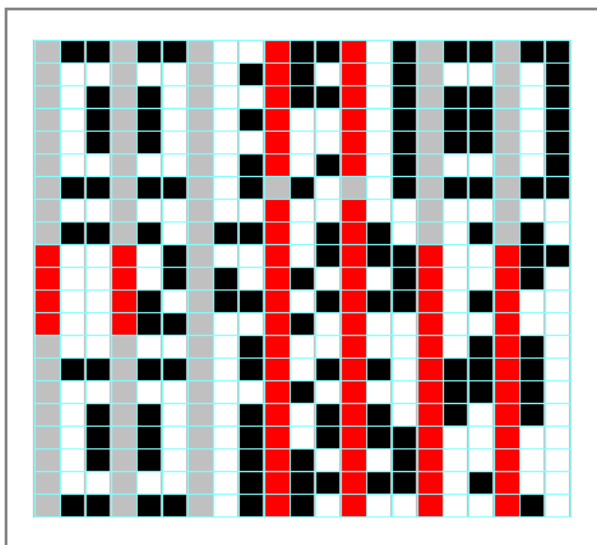


Рис. 4.8.4. Совмещение матрицы и фактической маски

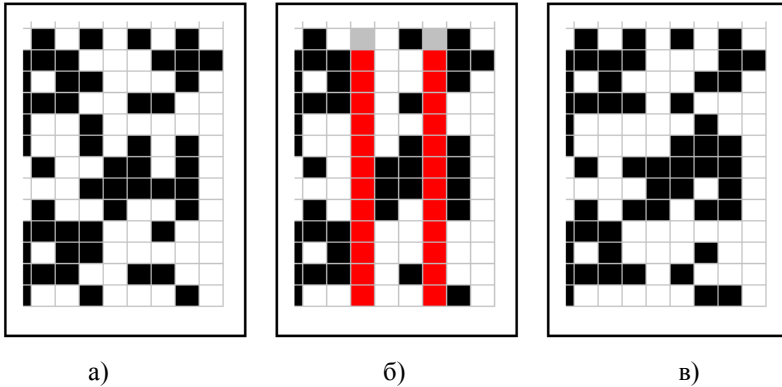


Рис. 4.8.5. Инвертирование выделенных модулей

Из рисунка 4.8.5 в) видно, что модули третьего и шестого столбца справа были проинвертированы.

Теперь есть возможность выполнить ручное декодирование матрицы 4.8.5 в). Четыре бита в клетках 1...4 дают код 0100, который говорит о том, что в данной матрице используется двоичный формат данных (см. табл.4.7.1).

Порядок считывания декодируемой информации показан на рис. 4.8.6.

В соответствии с двоичным форматом данных следующие 8 бит (клетки 5...12) указывают, сколько символов содержится в сообщении. Двоичное число 00000101 говорит о том, что данное сообщение содержит пять символов.

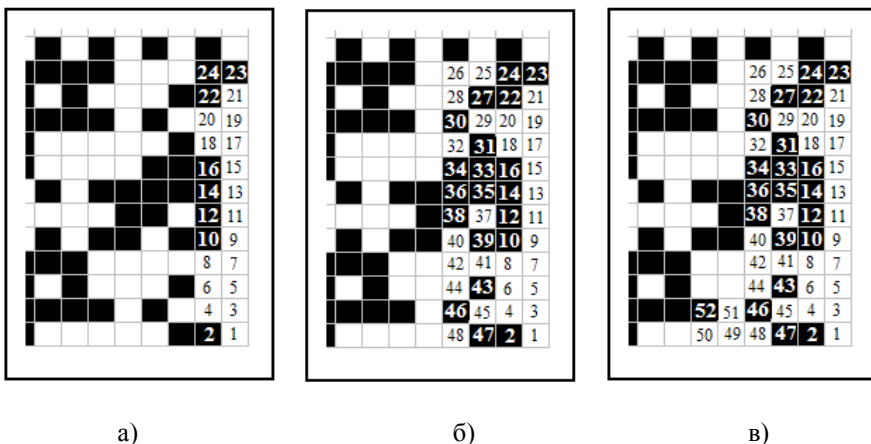


Рис. 4.8.6. Нумерация информационных модулей

В очередных восьми клетках 13...20 (см. рис. 4.8.6 а) размещено двоичное слово 01010000. Перевод этого байта в десятичную систему счисления даёт число 80. По таблице CP-1251 (см. Приложение 2) определяем, что данному коду соответствует латинская буква «P».

Следует обратить внимание на порядок нумерации модулей (рис. 4.8.6). Номера располагаются друг за другом в виде змейки.

Результаты декодирования сообщения приведены в таблице 4.8.1.

Табл. 4.8.1

Номера модулей	Биты	Десятичное число	Символ
13...20	01010000	80	P
21...28	01110000	114	r
29...36	01101111	111	o
37...44	01100010	98	b
45...52	01100001	97	a

Таким образом, в результате ручного декодирования было определено, что матрица (рис. 4.8.1) содержит слово «Prоba».

4.9. Методические указания к заданию 3.9

При кодировании сообщения формируют восемь матриц с одинаковым содержанием, но разной формы. Для выбора одной из восьми конкурирующих матриц в стандарте определены четыре правила расчёта штрафов.

Согласно первому правилу штраф назначается за каждую группу из пяти или более одноцветных пикселей в одной строке. Штрафные функции по столбцам вычисляются аналогично.

Второе правило даёт штраф за каждый одноцветный квадрат размером 2x2 пикселя.

Третье правило определяет штраф, если на матрице есть области, которые похожи на указатели определения ориентации.

Четвёртое правило начисляет штраф, если более половины пикселей одного цвета.

Целью расчётов штрафных баллов является выбор наиболее «пёстрой» матрицы из восьми возможных вариантов.

В данной лабораторной работе расчёт штрафных баллов будет происходить только в соответствии с первым правилом.

Для примера используем матрицу, показанную на рис. 4.8.1. Вычислим штрафные баллы построчно.

Первая сверху строка матрицы содержит большое число смежных черных пикселей (две группы однотонных пикселей). Это говорит о том, что для первой строки будет начислено большое число штрафных баллов.



Рис. 4.9.1. Первая строка матрицы

Расчёт ведётся следующим образом. Если в строке имеется группа из пяти смежных одноцветных пикселей, то начисляется три штрафных балла. За каждый последующий пиксель, который примыкает к группе, начисляется дополнительно по одному баллу. Таким образом, первая группа черных пикселей даёт вклад $3 + 1 + 1 = 5$ баллов. Вторая группа из семи черных пикселей также даёт 5 штрафных баллов. В общей сложности первая строка дала 10 штрафных баллов.

Вторая сверху строка матрицы показана на следующем рисунке.



Рис. 4.9.2. Вторая строка матрицы

В этой строке есть две группы по пять белых пикселей. Эти две группы в сумме дают 6 штрафных баллов.



Рис. 4.9.3. Третья строка матрицы

Третья строка матрицы не содержит протяжённых групп и поэтому не добавляет штрафных баллов.

Аналогичная методика подсчёта штрафных баллов используется и для столбцов.

На следующем рисунке показаны штрафные баллы по всем строкам и столбцам матрицы.

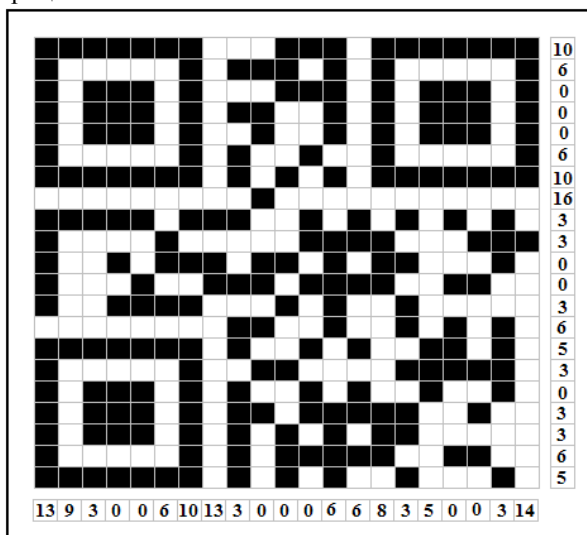


Рис. 4.9.4. Штрафные баллы

Затем рассчитываются суммарные значения штрафных баллов по строкам и по столбцам. Для рассматриваемого примера суммарное число штрафных баллов по строкам равно 88, а по столбцам 102. Общее число штрафных баллов, вычисленное по первому правилу для данной маски, даёт число 190.

Используя все четыре правила расчёта штрафных баллов, находят суммарную количественную оценку данной маски. Подобные оценки получают для всех восьми масок. Среди этих оценок выбирают минимальную оценку и для окончательного кодирования используют маску, которая имеет минимальное число штрафных баллов.

5. Требования к отчёту

Отчёт подготавливается в электронном виде. Он должен содержать постановки задач, результаты кодирования, декодирования QR-матриц, исследования помехоустойчивости, вычисления штрафных баллов (матрица со штрафными баллами для каждой строки и каждого столбца).

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Для каких целей используются QR-коды?
- 6.2. Какие специализированные сайты можно использовать для кодирования и декодирования QR-кодов?
- 6.3. В каком году изобретён QR-код?
- 6.4. В каком графическом формате целесообразно сохранять QR-коды (PNG, JPEG, BMP, SVG)?
- 6.5. Что такое уровень коррекции ошибок?
- 6.6. Сколько уровней коррекции ошибок можно сформировать в QR-кодах?
- 6.7. Какой алгоритм используют в QR-кодах для повышения их помехоустойчивости?
- 6.8. В чем преимущество 2D-кодов по сравнению со штрих - кодами?
- 6.9. Могут ли мобильные устройства считывать цветные QR-коды?
- 6.10. Как вручную определить уровень коррекции ошибок по изображению матрицы QR-кода?
- 6.11. Как по матрице определить версию QR-кода?
- 6.12. Сколько версий QR-кодов существует?
- 6.13. Как с помощью матрицы определить, какой вид маски использован при кодировании?
- 6.14. С какой целью при кодировании апробируется восемь видов различных масок?
- 6.15. Для каких областей матрицы используется статическая (неизменная) маска?
- 6.16. По заданной преподавателем формуле определите конфигурацию маски.

7. Список литературы

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/QR-%EA%EE%E4>
2. <http://habrahabr.ru/post/127197/>
3. http://kcoding.net/2012/qr_code_tutorials/
4. INTERNATIONAL STANDART ISO/IEC 18004/ First edition 2000-06-15.