

## QR-код, или немного о дополненной реальности

Аноним ТРОЕТАЙНЕНСКИЙ

**Аннотация.** Статья знакомит читателей с одной из наиболее известных разновидностей дополненной реальности — QR-кодам. Помимо основных технических характеристик Вы сможете узнать, как устроен QR-код, понять алгоритмы, которые используются при шифровании информации, а также, как декодировать QR-код вручную.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, QR-код, распознавание образов.

### 1 Раздел 1

Что позволяет порядочному исследователю творить? Совесть? Возможно, но здесь не об этом, здесь всё серьёзно. Это *данные*. Сегодня они нужны всем, ведь любой эконометрический анализ, как и множество исследований, без этого ключевого элемента становится невозможным или остаётся узником чистой и неприменимой теории. Вот так в поисках релевантных временных рядов, всевозможных панелей и просто данных мы скитаемся по интернету: [fra.ru](http://fra.ru), незаменимый [gks.ru](http://gks.ru), различные базы OECD, RUSLANA, СПАРК... Впрочем, это не новость, собственно, и заметка не совсем об этом. Всё дело в том, что мало кто замечает: данные повсюду, нужно только заглянуть несколько глубже, заглянуть в дополненную реальность.

После того как необходимая, хоть и минимальная, отсылка к эконометрике, ввиду тематики журнала, была соблюдена, самое время поговорить об этой самой дополненной реальности, где окружающий нас мир соприкасается с миром виртуальным.

Почему именно дополненная реальность? Просто мне всегда казалось, что это слишком сложно, чтобы быть правдой. Возможно, для девушек это вполне нормально, когда компьютер почти как магия.

Всё началось с машинного зрения. Для человека зрение настолько естественно, что большинство просто не задумывается, что кого-то, в данном случае что-то, нужно этому учить. Хотя многие современные компьютеры выглядят совсем не глупее людей, научить их видеть — чрезвычайно непростая задача. Они должны не только уметь различать цвета, идентифицировать предметы, определять их границы и классифицировать, но и учитывать контекст, внутриклассовую изменчивость, масштаб, освещение, возможную деформацию при движении, изменении ракурса и положения, отличать, к примеру, отбрасываемую тень от самого предмета.

Однако мир не без умных людей, и современные алгоритмы так или иначе позволяют решать эти проблемы. Сфера применения компьютерного зрения весьма обширна: системы моделирования объектов и окружающей среды, медицинских изображений (рентген, томография), системы видеонаблюдения

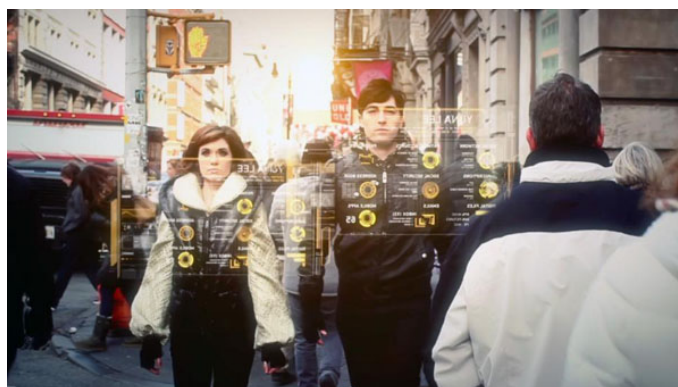


Рис. 1. Дополненная реальность

и организации информации, а также системы дополненной реальности и проч. С дополненной реальностью, несмотря на всю загадочность названия, сталкивался каждый, кто хоть раз смотрел различные спортивные мероприятия, будь то теннис, когда в случае спорных моментов моделируется траектория полёта мяча, или футбол, где при определении офсайда возникает линия, параллельная лицевой, которая позволяет определить ближайшего к воротам игрока.

Одна из разновидностей дополненной реальности — это всем известные QR-коды и штрихкоды. Несложно догадаться, где именно черпал вдохновение создатель штрихкодов: да, вы правы, в азбуке Морзе. Однако линейные штрихкоды вмещают слишком мало информации — по этой причине в 1994 году в Японии и были изобретены двухмерные, или матричные коды, самым популярным из которых и стал QR-код, что означает «быстрый отклик» (Quick Response). Если у обычных штрихкодов объём памяти не превышал 100 байт, то у матричных кодов данный показатель значительно выше — до 2048 байт (**WikiDataMatrixRu**); более того, информация может быть считана даже при 30%-м повреждении метки!

Сегодня QR-коды можно встретить где угодно, даже на кладбищах, где данные коды используются для хранения информации об усопшем. Такое нестандартное решение относительно применения QR-кодов было найдено в Японии и Австралии, впрочем, вернемся к основным техническим характеристикам. Самый маленький QR-код имеет размер  $21 \times 21$  пиксель, в то время как самый большой (версия 40) —  $177 \times 177$  пикселей. Что касается кодировки QR-кодов, то существует 4 основных типа: цифровая (до 7089 цифр), алфавитно-цифровая (до 4296 символов), байтовая (до 2953 байт), кандзи (до 1817 иероглифов) (**WikiQRCodeRu**).

Каждому не раз приходилось сталкиваться с QR-кодами в жизни, некоторые даже использовали смартфоны, чтобы считать код. Но вряд ли кому-то

приходило в голову делать это вручную. А так как в жизни бывают разные ситуации, почему бы не восполнить данный пробел?

Для начала разберёмся, как устроен QR-код. Изначально данные, которые нужно закодировать, разбиваются на блоки в зависимости от режима кодирования; далее прибавляется заголовок, указывающий режим и количество блоков. Безусловно, существуют режимы с более сложной структурой кодирования, однако из них весьма проблематично извлекать информацию вручную, поэтому остановимся на более простых случаях. После того как записаны все информационные данные, к ним добавляются корректирующие ошибки коды Рида—Соломона (RS), которые позволяют исправлять недочёты при чтении. Именно эти коды и занимают большую часть QR-матрицы. Перед записью в картинку данные с RS-кодами перемешиваются, для чего используются специальные маски. Среди имеющихся восьми алгоритмов, которые представлены на рис. ??, выбирается наилучший, который определяется за счёт системы штрафов. После этой процедуры перемешанные данные записываются на шаблонную картинку, к которой добавляется техническая информация для декодирующих устройств (**HabrQRcode** ).

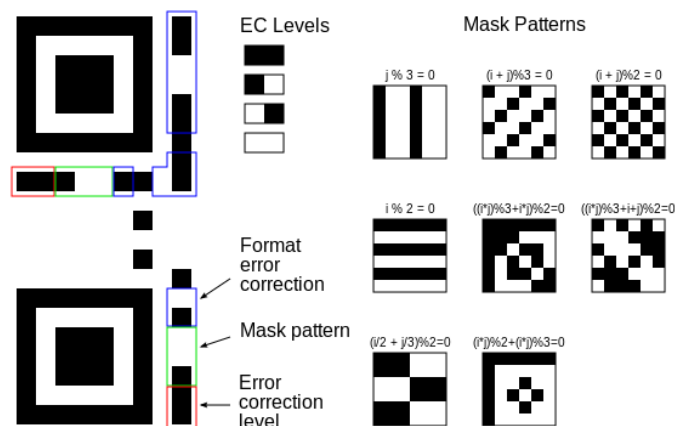


Рис. 2. 8 алгоритмов масок

Возможно, многие замечали, что QR-код можно разбить на несколько областей, у каждой из которых индивидуальные функции (показано на рис. ??). Так вот, три квадрата в углах изображения и меньшие синхронизирующие квадратики по всему коду и суть техническая информация для декодирующих устройств, которая позволяет нормализовать размер изображения и его ориентацию, а также угол, под которым сенсор расположен к поверхности изображения. Таким образом, как вы можете догадаться, эта область абсолютно неинтересна для нас, так как не содержит никакой информации о скрывающемся за кодом послании. Что касается полезной части кода, то её можно разделить на две области: область, отвечающая за системную

информацию, и непосредственно данные. Также в матрице содержится информация о версии кода, от которой зависит ёмкость последнего. Так, при повышении версии добавляются специальные блоки; при высоких версиях кода не рекомендуется считывать его вручную.

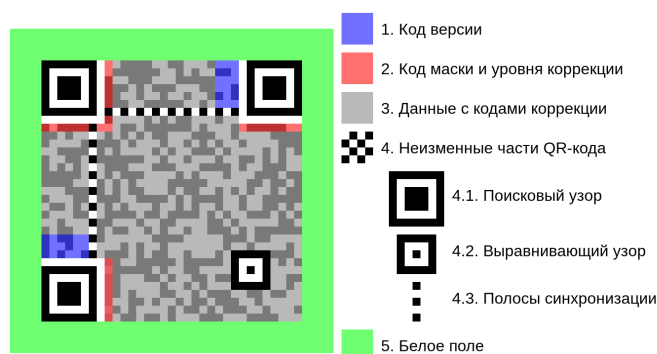


Рис. 3. Области QR-кода

Системная информация представляет собой 15 бит данных, из которых только 5 бит для нас значимы: 2 бита отвечают за уровень коррекции ошибок, а оставшиеся 3 — за применяемую к данным маску. Ещё 10 бит данных — это BCH-код, так называемый код Боуза-Чоудхури-Хоквингема, который относится к широкому классу циклических кодов и позволяет исправлять ошибки в системных данных. Упомянутые ранее RS-коды, коды Рида—Соломона, также относятся к классу BCH. Помимо всего прочего, для дополнительной защиты системной информации используется статическая маска, применяемая к любой системной информации. Она имеет запись 101010000010010. Так как нам интересны только первые 5 бит, то маску можно сократить, и её уже не так сложно запомнить: 10101. Как видно из рисунка, системная информация, отмеченная красным цветом, дублируется, что позволяет значительно понизить вероятность возникновения ошибок.

Таким образом, **первый шаг — чтение первых 5 бит системной информации** (рис. ??).

Для лучшего понимания воспользуемся кодом, сгенерированным на [qrcoder.ru](http://qrcoder.ru). Получили, что для нашего кода уровень коррекции ошибок — 00 — уровень M, позволяющий скорректировать до 15 % ошибок, маска — 101, соответствующая 8-й схеме на рисунке ??. Все возможные варианты масок и уровней коррекции представлены в таблице ??.

#### Шаг второй — определение режима кодировки.

Чтобы понять, с какими данными предстоит иметь дело, необходимо изначально прочитать 4-битный заголовок, который содержит в себе информацию о режиме. Заголовок находится в правом нижнем углу матрицы, причём читать его надо змейкой, начиная справа. После извлечения четырёх бит, опи-

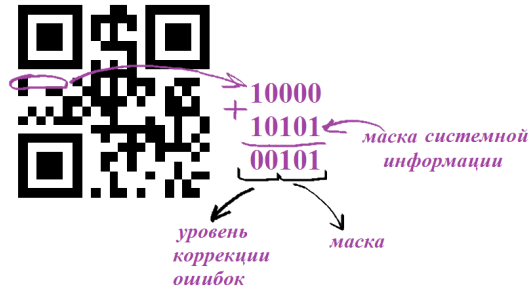


Рис. 4. Чтение первых 5 бит информации

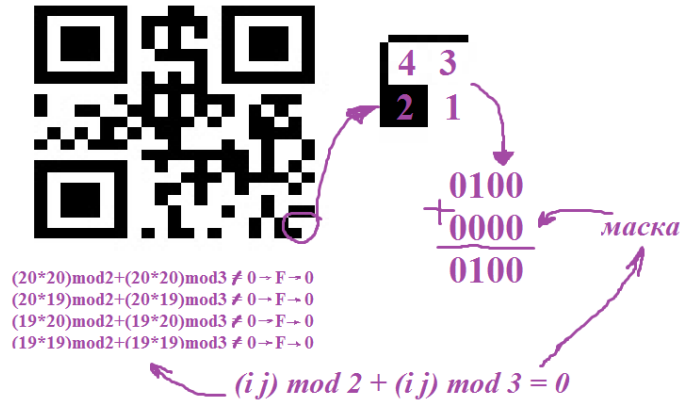


Рис. 5. Определение режима кодировки

сывающих режим, необходимо применить к ним маску. Маска определяется выражением, приведённым в таблице — в нашем случае

$$(ij) \bmod 2 + (ij) \bmod 3 = 0.$$

Если данное выражение сводится к TRUE для бита с координатами  $(i; j)$ , то бит инвертируется, иначе всё остаётся без изменений. Начало координат — в левом верхнем углу,  $(0; 0)$ ; в матрице  $21 \times 21$  бит, т.е. квадрат; таким образом, бит, находящийся в правом нижнем углу, имеет координаты  $(20; 20)$ . Получили 0100, что соответствует 8-битному режиму.

#### Шаг третий — чтение данных.

Необходимость определения режима кодирования обуславливается тем, что от него зависит длина блоков данных, которая также варьируется для различных версий кода. Для версий кода 1–9 в числовом режиме используются 10- или 4-битные блоки (последние — если в 10-битном объёме нет необходимости); в буквенно-числовом режиме — 9-битные блоки; в 8-битном (байтном) режиме — 8-битные блоки. Первый блок после указателя режима —

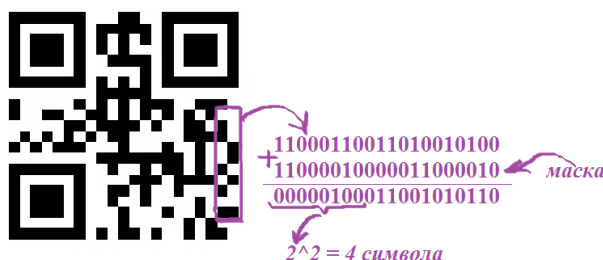


Рис. 6. Чтение данных

это количество символов. Таким образом, для определения количества символов расшифровываем следующие 8 бит кода (змейкой, начиная справа) и применяем маску. Видно, что в коде зашифровано 4 символа, поэтому необходимо перейти к чтению следующего столбца для извлечения всех четырёх блоков информации.

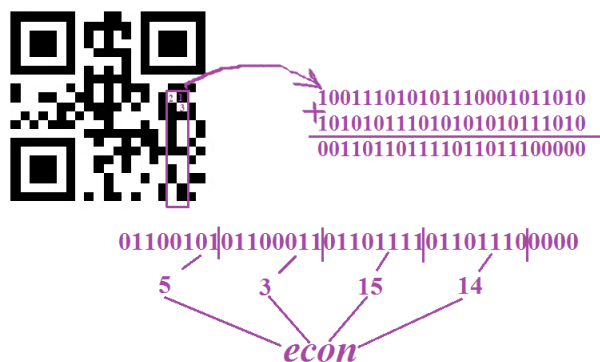


Рис. 7. Расшифровка ASCII-кода

Снова считываем данные по такому же алгоритму. Главное отличие: биты надо отсчитывать змейкой, но с правого верхнего угла. Далее полученный набор из нулей и единиц делим на 4 блока по 8 бит в каждом. Текст в 8-битном режиме многие онлайн-генераторы QR-кодов кодируют, используя ASCII. Таким образом, первые 4 элемента блока указывают на регистр, 0110 соответствует нижнему регистру букв, 0100 — верхнему, вторые 4 элемента — это число, равное номеру буквы в алфавите. Как можно заметить, все наши буквы строчные. Получаем числа 5, 3, 15 и 14 и находим нужные нам буквы. Так, в коде была зашифрована часть слова, а именно **econ**, а какого именно слова — economics, или econometrics, или что-то ещё — пусть каждый решает для себя сам!

Возможные маски	
000	$(i + j) \bmod 2 = 0$
001	$i \bmod 2 = 0$
010	$j \bmod 3 = 0$
011	$4(i + j) \bmod 3 = 0$
100	$((i \operatorname{div} 2) + (j \operatorname{div} 3)) \bmod 2 = 0$
101	$(ij) \bmod 2 + (ij) \bmod 3 = 0$
110	$((ij) \bmod 2 + (ij) \bmod 3) \bmod 2 = 0$
111	$((i + j) \bmod 2 + (ij) \bmod 3) \bmod 2 = 0$
Возможные уровни коррекции ошибок	
01	L
00	M
11	Q
10	H
Возможные режимы	
0111	ЕСI
0001	Числовые
0010	Буквенно-числовые
0100	8-битный (байтный)
1000	Kanji
0011	Структурированное дополнение
0101	FNC1 (1-я позиция)
1001	FNC1 (2-я позиция)

Таблица 1. Варианты масок и уровней коррекции

QR-код глазами обычного человека

