

Описание функциональных характеристик экземпляра программного обеспечения «Kvantron Smart CodeReader App»

Основным подходом к локализации многомерных штрих-кодов, в частности DataMatrix, является обнаружение их структурных особенностей. Основной интерес при локализации DataMatrix представляют следующие структуры: L-шаблон и дорожки синхронизации, представленные на рисунке 1. Данные структуры позволяют корректно определить местоположение кода на изображении.

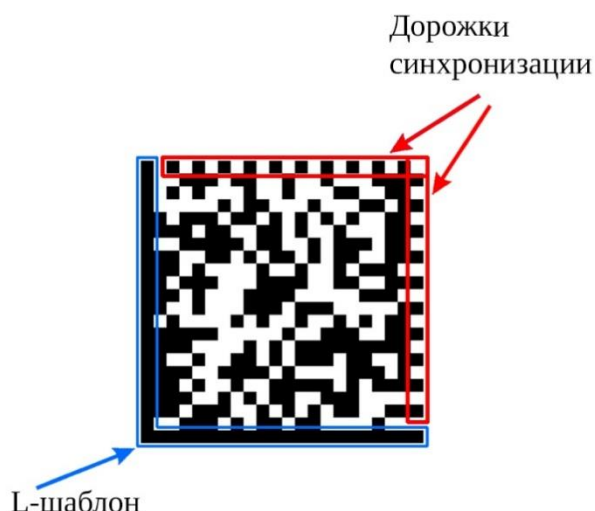


Рис. 1. Основные структуры штрих-кода DataMatrix

В реальных условиях штрих-коды часто размещаются на неоднородных, текстурных поверхностях, что усложняет их локализацию, поскольку присутствие шумов и похожих на структуру кода элементов может приводить к ошибочным результатам. Для предотвращения упомянутых ошибок используются алгоритмы обнаружения линейных сегментов.

Классическим методом обнаружения прямых линий на изображении является преобразование Хафа. Данный алгоритм обладает высокой асимптотической сложностью $O(N^3)$ операций, где N – линейный размер изображения, что требует больших вычислительных затрат и ограничивает его применение в задачах реального времени. Даже ускоренные преобразования Хафа не могут быть использованы в промышленных системах обнаружения штрих-кодов.

Альтернативным методом, обеспечивающим более высокую производительность и удовлетворяющим требованиям, предъявляемым к системам реального времени, является LSD (Line Segment Detector) [1]. Этот алгоритм нацелен на локальное определение прямых контуров – линейных сегментов. Основные этапы алгоритма:

1. Масштабирование исходного изображения в оттенках серого для устранения артефактов, таких как эффект лестницы, что позволяет избежать разделения одного линейного сегмента на несколько частей.

2. Вычисление градиента изображения для определения направления и скорости изменения яркости, что позволяет выделить границы объектов. Точки изображения упорядочиваются по величине градиента, начиная с точек, имеющих наибольший градиент. Точки с градиентом ниже определенного порога отбрасываются, поскольку они соответствуют плоским областям (например: теням, однородным фонам или плавным градиентам), которые не считаются значимыми для обнаружения границ.

3. Формирование областей поддержки линий. Начиная с точки с наибольшим градиентом, формируются области поддержки линий, путем добавления соседних точек, если их угол градиента совпадает с направлением линии в пределах допустимого отклонения.

4. Аппроксимация областей прямоугольниками. Каждая полученная область поддержки представляется в виде прямоугольника, центр которого определяется как центр масс области, а ориентация задается направлением главной оси инерции. Размеры прямоугольника рассчитываются таким образом, чтобы он охватывал область поддержки, сохраняя её геометрические свойства.

5. Валидация прямоугольников с использованием NFA (Number of False Alarms). Для каждого прямоугольника вычисляется значение NFA, определяющее вероятность того, что найденный прямоугольник является случайным шумом.

6. Улучшение и фильтрация результатов. Для повышения качества обнаружения линий, прямоугольники уточняются путем уменьшения их размеров или изменения угла.

Данный алгоритм обеспечивает обнаружение одной из структур DataMatrix – L-шаблона, поскольку он сформирован из двух линейных сегментов. Демонстрация работы алгоритма LSD представлена на рисунке 2.