

УДК 004.056.52

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ШТРИХ-КОДОВ И QR-КОДОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

**Турапов Шерзод Нурматович**, доктор технических наук, профессор, Институт информационно-коммуникационных технологий и военной связи Министерства обороны Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан  
e-mail: sherzod.turapov@gmail.com

**Абдулхамидова Нилуфар Кахрамоновна**, независимый исследователь, Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Ташкент, Республика Узбекистан  
e-mail: abdulhamidovanilufar27@gmail.com

***Аннотация.** В современных информационных системах, предназначенных для отслеживания физических объектов, корректный выбор технологий автоматической идентификации является одним из ключевых факторов, определяющих эффективность и надёжность системы. В данной статье проведён сравнительный анализ структурных особенностей и практических возможностей применения технологий одномерных (1D) и двумерных (2D) штрих-кодов, используемых в информационных системах отслеживания физических объектов. В рамках исследования рассмотрены структура и алгоритм формирования 1D-кодов (на примере EAN-13), а также функциональные области, этапы кодирования и механизм коррекции ошибок на основе алгоритма Рида–Соломона для 2D-кодов (на примере QR-кода). Результаты сравнительного анализа показали, что 1D штрих-коды являются эффективным и экономичным решением для быстрого идентифицирования, тогда как QR-коды более предпочтительны в задачах, требующих высокой информационной ёмкости, устойчивости к ошибкам и гибкости сканирования. Полученные результаты обосновывают необходимость выбора технологии идентификации с учётом типа объекта, условий эксплуатации и требований информационной системы.*

***Ключевые слова:** QR-код, одномерный штрих-код, автоматическая идентификация, отслеживание физических объектов, информационные системы, логистические системы, архивирование, документооборот, инвентарные объекты.*

***Для цитирования:** Турапов Ш. Н., Абдулхамидова Н. К. Сравнительный анализ технологий штрих-кодов и QR-кодов в информационных системах, предназначенных для отслеживания физических объектов // Шаг в науку. – 2026. – № 2. – С. 22–32.*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF BARCODE AND QR CODE TECHNOLOGIES IN INFORMATION SYSTEMS DESIGNED TO TRACK PHYSICAL OBJECTS

**Turapov Sherzod Nurmatovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Information and Communication Technologies and Military Communications of the Ministry of Defense of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan  
e-mail: sherzod.turapov@gmail.com

**Abdulhamidova Nilufar Kakhramonovna**, Independent Applicant, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Tashkent, Republic of Uzbekistan  
e-mail: abdulhamidovanilufar27@gmail.com

***Abstract.** In modern information systems designed for tracking physical objects, the correct selection of automatic identification technologies is one of the key factors determining system efficiency and reliability. This article presents a comparative analysis of the structural characteristics and practical application capabilities of one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) barcode technologies used in information systems for tracking physical objects. The study examines the structure and generation algorithm of 1D codes (using EAN-13 as an example), as well as the functional*



areas, encoding stages, and error correction mechanism based on the Reed–Solomon algorithm for 2D codes (using the QR code as an example). The results of the comparative analysis show that 1D barcodes represent an efficient and cost-effective solution for rapid identification, whereas QR codes are more preferable for tasks requiring high data capacity, error resilience, and flexible scanning. The obtained results justify the necessity of selecting identification technology with consideration of the object type, operating conditions, and information system requirements.

**Key words:** QR code, one-dimensional barcode, automatic identification, tracking of physical objects, information systems, logistics systems, archiving, document management, inventory objects.

**Cite as:** Turapov, Sh. N., Abdulkhamidova, N. K. (2026) [Comparative analysis of barcode and QR code technologies in information systems designed to track physical objects]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 2, pp. 22–32.

### Введение

В современных информационных системах отслеживание физических объектов и их интеграция с цифровой средой являются одной из актуальных научно-практических задач. В таких сферах, как логистика, промышленное производство, розничная торговля и здравоохранение, процессы идентификации объектов, определения их перемещения в режиме реального времени и мониторинга состояния выступают ключевыми факторами, определяющими эффективность автоматизированных информационных систем. Традиционные методы ручной регистрации и идентификации характеризуются высокой трудоёмкостью, значительным влиянием человеческого фактора и неэффективным использованием временных ресурсов. В связи с этим потребность в технологиях автоматической идентификации и сбора данных неуклонно возрастает [4; 5].

В информационных системах процесс идентификации предусматривает присвоение объекту уникального идентификатора, его оперативное распознавание и связывание с соответствующей базой данных. В данном контексте технологии штрих-кодов и QR-кодов рассматриваются как наиболее распространённые и экономически доступные решения. Технология штрих-кодов, благодаря своей простоте и высокой скорости декодирования, на протяжении многих лет успешно применяется в системах управления инвентаризацией и маркетинга [4]. Ранние исследования показали, что автоматизированные системы идентификации на основе штрих-кодов существенно повышают эффективность контроля ресурсов в промышленности и строительстве [5]. Однако одномерная структура штрих-кодов ограничивает их информационную ёмкость и повышает чувствительность к качеству печати и условиям освещения.

С целью преодоления указанных ограничений были внедрены технологии двумерного кодирования, в частности QR-коды. Они отличаются высокой информационной ёмкостью, наличием механизмов коррекции ошибок и устойчивостью считывания в различных условиях эксплуатации [8]. Изначально разработанные как средство быстрого доступа к информа-

ции, в настоящее время QR-коды широко применяются в системах цифровых платежей, электронного документооборота, идентификации и аутентификации. Современные исследования показывают, что методы обнаружения и декодирования QR-кодов обеспечивают более высокую надёжность по сравнению с традиционными штрих-кодами в условиях геометрических искажений и недостаточного освещения [11; 12].

Вместе с тем широкое распространение технологий QR-кодов и штрих-кодов обуславливает возникновение проблем, связанных с их безопасностью и конфиденциальностью. Их использование может быть сопряжено с риском распространения вредоносных ссылок, фальсифицированных ресурсов и поддельной информации, что подробно рассматривается в ряде исследований [10]. В целях минимизации указанных рисков предлагаются новые подходы, направленные на защиту QR-кодов, предотвращение их подделки и обеспечение механизмов верификации [3]. Кроме того, ведутся разработки, ориентированные на расширение функциональных возможностей QR-кодов с применением методов машинного обучения и искусственного интеллекта. В частности, концепция исполняемых QR-кодов (eQR) предполагает внедрение программной логики непосредственно в структуру кода с возможностью её выполнения на мобильных устройствах без подключения к сети Интернет [6].

С данной точки зрения сравнительный анализ технологий QR-кодов и штрих-кодов по критериям обнаружения, декодирования, надёжности и безопасности представляет собой актуальную научную задачу. В настоящем исследовании проводится анализ роли указанных технологий в процессах отслеживания физических объектов и их идентификации в информационных системах, а также рассматриваются их преимущества и ограничения с позиций современных научных подходов.

Научная новизна работы заключается в том, что технологии штрих-кодов и QR-кодов оцениваются не только по техническим характеристикам, но и в контексте эксплуатационных сценариев информационных систем (архивирование, логистика, документооборот и инвентарный контроль). Предложенный подход спо-

способствует принятию обоснованных практических решений при выборе технологии идентификации.

В информационных системах, предназначенных для идентификации и отслеживания физических объектов, технологии кодирования прежде всего обеспечивают представление данных в машиночитаемой форме (machine-readable). На практике такие идентификаторы реализуются преимущественно в виде одномерных (1D) и двумерных (2D) кодов. Выбор конкретной технологии определяется объёмом информации об объекте, условиями считывания, требованиями

ми к интеграции и эксплуатационными затратами.

Одномерные штрих-коды (1D barcodes) представляют собой наиболее ранний и широко распространённый класс технологий автоматической идентификации, кодирующих информацию посредством последовательности штрихов и промежутков между ними, что рассмотрено на рисунке 1. Благодаря простоте структуры, высокой скорости считывания и низким затратам на внедрение они широко применяются в розничной торговле, логистике и промышленных информационных системах, что представлено в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики технологии одномерных (1D) штрих-кодов

Параметр	Описание
Информационная ёмкость	В зависимости от типа кода обычно позволяет хранить информацию объёмом до нескольких десятков символов. В большинстве случаев кодируется только идентификатор (числовая или краткая алфанумерическая строка).
Механизм считывания	Оптические сканеры или системы на основе камер анализируют контраст между штрихами и промежутками и восстанавливают закодированную информацию на основе линейной последовательности.

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работ [1; 2; 4; 5; 11]

Одномерный штрих-код – это графический знак, кодирующий информацию посредством параллельных штрихов (bar) и промежутков (space) различной ширины. В 1D штрих-кодах информация размещается преимущественно в горизонтальном направлении, то

есть для считывания кода сканеру необходимо «пересечь» последовательность штрихов. В связи с этим 1D-коды обеспечивают высокую скорость считывания, однако обладают ограниченной информационной ёмкостью [2].



Рисунок 1. Виды одномерных (1D) штрих-кодов: а) EAN-8; б) EAN-13; в) UPC-A; г) UPC-E; д) Code 39; е) Code 128; ж) Codabar; з) ITF

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работы [9]

Штрих-коды EAN (European Article Number) преимущественно используются в системах розничной торговли для идентификации товаров. Формат EAN-8 предназначен для продукции небольшого размера и содержит 8 цифр, тогда как EAN-13 представляет собой 13-значный формат и является одним из наиболее распространённых штрих-кодов в глобальных торговых системах. Коды EAN кодируют только числовые данные и обеспечивают возможность выявления оши-

бок за счёт использования контрольной цифры.

Штрих-коды UPC (Universal Product Code) являются аналогом системы EAN и применяются главным образом на территории США и Канады. Формат UPC-A содержит 12 цифр, а UPC-E представляет собой его сжатую модификацию, предназначенную для товаров с малой упаковкой. Коды UPC характеризуются высокой скоростью и стабильностью считывания, однако их информационная ёмкость ограничена.

*Code 39* является алфанумерическим одномерным (1D) штрих-кодом, широко применяемым в промышленности, логистике и военно-технических системах. Он отличается простой структурой и высокой адаптивностью.

Штрих-код *Code 128* относится к числу наиболее информативных форматов среди 1D-кодов. Он поддерживает кодирование полного набора алфанумерических символов и использует три набора символов (A, B и C), что обеспечивает эффективное уплотнение данных.

Штрих-код *Codabar* имеет упрощённый механизм кодирования и может считываться без предъявления сложных технических требований. Данный формат применялся в медицинских учреждениях, библиотеках и лабораторных системах. Вместе с тем *Codabar* характеризуется низкой плотностью данных и ограниченным уровнем защищённости.

Штрих-код *Interleaved 2 of 5 (ITF)* предназначен исключительно для числовых данных и обеспечивает сравнительно высокую плотность за счёт попарного (interleaved) кодирования цифр. Этот формат преимущественно используется в системах промышленной и складской маркировки и предъявляет повышенные требования к качеству печати.

В практических информационных системах 1D-код обычно выполняет роль «ключа»: система принимает идентификатор (ID), считанный со штрих-кода, и извлекает детализированную информацию об объекте (наименование, номер партии, состояние, местоположение, история перемещений) из базы данных. Таким образом, сам штрих-код не несёт большого объёма данных и функционирует главным образом как механизм оперативной идентификации.

Практическая ценность штрих-кодов определяется не только областями их применения, но и внутренней структурой, а также правилами кодирования. В связи с этим в качестве наиболее распространённого представителя 1D-кодов выбран формат *EAN-13*, для которого подробно рассматриваются сегментированная структура, информационные поля (код страны, код производителя, код товара и контрольная цифра), а также этапы схемы данных формирования штрих-кода. Штрих-код *EAN-13*, рассмотренный на рисунке 2, кодирует 13 цифр, представленных модульными ширинами штрихов (bar) и промежутков (space). Его структура включает несколько функциональных сегментов, каждый из которых играет важную роль в обнаружении кода, синхронизации и обеспечении надёжного считывания [2].



Рисунок 2. Структурное строение штрих-кода EAN-13

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работы [9]

Граничные элементы (guard patterns), расположенные в левой и правой частях штрих-кода, выполняют функцию определения начала и конца кода в процессе сканирования. Эти элементы служат точками синхронизации для считывающего устройства и предотвращают некорректную интерпретацию границ штрих-кода. При недостаточной чёткости или отсутствии граничных элементов вероятность корректного считывания существенно снижается. Центральный разделительный элемент (center guard pattern), отде-

ляющий левую и правую части данных, расположен в геометрическом центре штрих-кода и обеспечивает пространственную стабильность при сканировании. Данный элемент предотвращает смещение последовательностей левых и правых цифр и повышает надёжность процесса декодирования.

Первая цифра кода EAN-13 интерпретируется как код страны. Она указывает не на страну производства товара, а на государство, в котором организация зарегистрирована в международной системе GS1.

Следующая группа цифр представляет собой код производителя, позволяющий идентифицировать зарегистрировавшую организацию; его длина может варьироваться в зависимости от страны. Далее следует код товара, предназначенный для уникальной идентификации конкретной продукции в пределах производителя. Данный сегмент является основным идентификационным атрибутом в торговых, складских и инвентаризационных системах. Последняя цифра EAN-13 является контрольной (check digit) и вычисляется на основе предыдущих 12 цифр с использованием математического алгоритма. Контрольная цифра предназначена для выявления ошибок, возникающих при считывании штрих-кода, однако не обеспечивает их исправление. В целом структура штрих-кода EAN-13 сформирована на основе строгой согласованности структурных компонентов (граничные и центральный разделительные элементы) и содержательно-функциональных элементов (код страны, код производителя, код товара и контрольная цифра), что обеспечивает его надёжное и эффективное применение в глобальных системах автоматической идентификации [1].

Процесс формирования штрих-кода EAN-13, представленный на рисунке 3, начинается с ввода 12 основных цифр (префикс GS1, код производителя и код товара). Эти цифры располагаются слева направо, после чего определяется их позиционная нумерация. Цифры, находящиеся на нечётных и чётных позициях, суммируются отдельно, при этом сумма цифр чётных позиций умножается на 3. Полученные значения складываются, формируя общую сумму. Если общая сумма кратна 10, контрольная цифра принимается равной нулю; в противном случае определяется ближайшее большее число, кратное 10, и из него вычитается общая сумма. В результате вычисляется последняя цифра кода EAN-13 – контрольная цифра. Далее 13-значный числовой идентификатор преобразуется в графический формат штрих-кода с размещением свободной зоны (quiet zone), граничных и центральных разделительных элементов. На завершаю-

щем этапе формируется полный штрих-код EAN-13.

В системах отслеживания физических объектов технологии одномерных штрих-кодов (1D) применяются как основной инструмент оперативной идентификации. Такие коды обеспечивают присвоение объекту уникального идентификатора (ID), что позволяет осуществлять учёт, мониторинг и последовательное отслеживание в режиме реального времени. В практических системах штрих-код, как правило, содержит только идентификатор, тогда как все описательные и статусные данные хранятся в централизованной базе данных. Данный подход повышает масштабируемость системы, упрощает управление данными и обеспечивает операционную эффективность. Высокая скорость считывания и совместимость с существующей инфраструктурой делают 1D-коды эффективным решением в логистике, складском хозяйстве и розничной торговле. Вместе с тем ограниченная информационная ёмкость и чувствительность к качеству печати являются их основными недостатками. Несмотря на это, 1D штрих-коды сохраняют своё значение как экономичное, надёжное и широко внедрённое средство идентификации.

*Двумерный штрих-код* представляет собой графический знак, кодирующий информацию посредством модулей (квадратных или прямоугольных элементов), расположенных в горизонтальном и вертикальном направлениях, представленный в таблице 2. Благодаря размещению данных в двух измерениях, 2D-коды позволяют хранить значительно больший объём информации в компактной форме по сравнению с одномерными штрих-кодами. В процессе считывания системы на основе камер и алгоритмов обработки изображений анализируют всю площадь кода и восстанавливают информацию на основе структуры модулей. В результате 2D штрих-коды характеризуются высокой информационной ёмкостью, устойчивостью к ошибкам и стабильностью считывания в различных условиях эксплуатации.

Таблица 2. Основные характеристики технологии двумерных (2D) штрих-кодов

Параметр	Описание
Информационная ёмкость	В зависимости от типа и структуры штрих-кода может хранить от нескольких сотен до нескольких тысяч символов. Поддерживается кодирование числовых, буквенных, алфавитно-цифровых, двоичных (binary) данных, а также специальных символов.
Механизм считывания	Считывание осуществляется с использованием камерных сканеров или алгоритмов обработки изображений, которые выполняют двумерный анализ модульной структуры кода и восстанавливают закодированную информацию. Для считывания не требуется строгой ориентации кода.

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работ [3; 5–7; 10; 12]

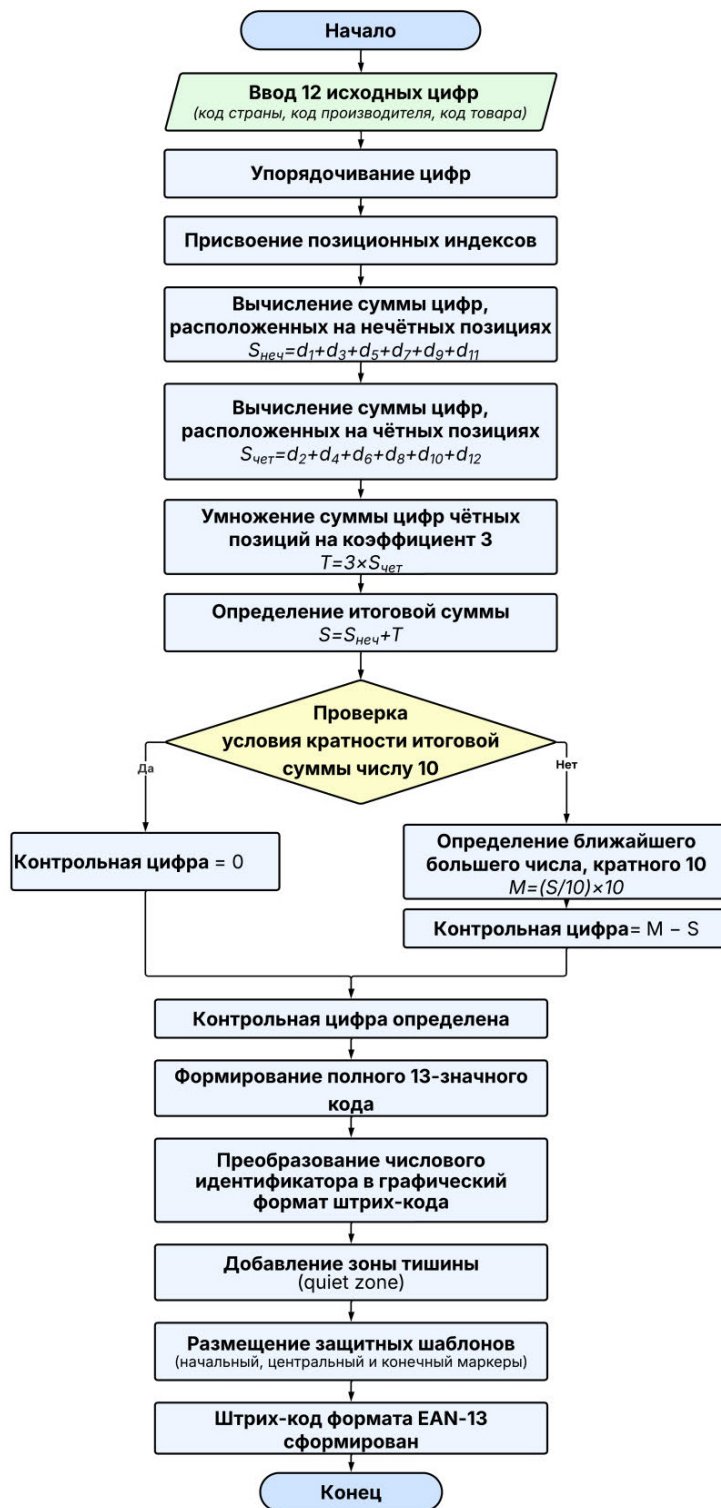


Рисунок 3. Схема данных формирования штрих-кода EAN-13

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работы [9]

Двумерные штрих-коды представляют собой относительно современный класс технологий автоматической идентификации и благодаря высокой информационной ёмкости и стабильности считывания широко применяются в системах электронного документооборота, цифровых платежей, логистики, промышленной маркировки и аутентификации.

Такие форматы, как QR-код, Data Matrix, Aztec Code, PDF417 и MaxiCode, разработаны с учётом потребностей различных прикладных областей [7] и играют важную роль в задачах отслеживания физических объектов и интеграции с информационными системами, что представлено на рисунке 4.

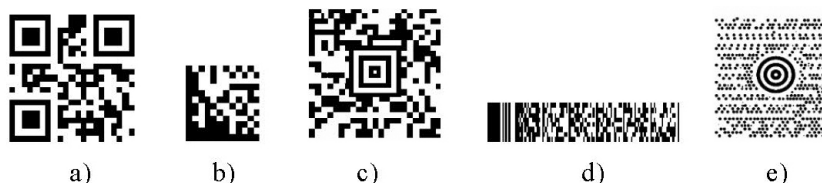


Рисунок 4. Виды двумерных (2D) штрих-кодов: а) QR-код; б) Data Matrix; в) Aztec Code; д) PDF417; е) MaxiCode

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работы [8]

QR-код (*Quick Response Code*) является одной из наиболее распространённых технологий двумерных (2D) штрих-кодов и отличается высокой информационной ёмкостью и оперативностью считывания. QR-коды поддерживают кодирование числовых, алфавитно-цифровых и двоичных данных и используют механизмы коррекции ошибок на основе алгоритма Рида–Соломона. Данные особенности обеспечивают надёжное считывание QR-кодов даже при недостаточном освещении, частичных повреждениях или геометрических искажениях. В настоящее время QR-коды широко применяются в системах электронного документооборота, цифровых платежей, маркетинга и аутентификации.

*Data Matrix* характеризуется возможностью хранения значительного объёма данных при минимальных размерах кода. Данный формат широко используется в промышленном производстве, электронике и медицине. Одним из ключевых преимуществ *Data Matrix* является высокая точность считывания даже на очень малых поверхностях, а также возможность прямой лазерной маркировки на металле, пластике или стекле (*Direct Part Marking*). Благодаря встроенным механизмам коррекции ошибок данные коды эффективно функционируют в различных эксплуатационных условиях.

*Aztec Code* построен на основе центрального ориентирующего элемента (*finder*) и не требует внешней рамки, что позволяет размещать код в компактном формате. *Aztec*-коды часто применяются в транспортных билетах, электронных пропусках и мобильных идентификационных системах. Их высокая

плотность и адаптивность обеспечивают корректное считывание даже при низком качестве печати или отображения на экране.

*PDF417* представляет собой многорядный (*stacked*) двумерный штрих-код, предназначенный для кодирования больших объёмов информации. Данный формат широко используется для хранения биометрических данных, удостоверений личности и транспортных документов. Наличие развитых механизмов коррекции ошибок обеспечивает целостность и надёжность передаваемых данных, что делает *PDF417* востребованным в системах с повышенными требованиями к безопасности.

*MaxiCode* отличается наличием центрального ориентирующего элемента в виде мишени и оптимизирован для высокоскоростного считывания. Технология применяется преимущественно в логистике и курьерских службах, особенно в автоматизированных системах сортировки. *MaxiCode* обеспечивает быстрое распознавание движущихся объектов и играет важную роль в крупных логистических центрах.

Двумерные штрих-коды в информационных системах выполняют не только функцию идентификатора, но и роль самостоятельного носителя информации. Они способны хранить не только уникальный идентификатор объекта, но и дополнительные описательные данные (наименование объекта, производитель, дата, статус, реквизиты документа или данные проверки) непосредственно внутри кода. В ряде случаев это позволяет обрабатывать минимальный объём информации без обращения к внешней базе данных.

Рассмотренные форматы двумерных штрих-кодов разработаны для различных прикладных задач и отличаются структурными особенностями и принципами кодирования. Среди них QR-код выделяется как наиболее универсальная, широко распространённая и функционально гибкая технология. Его популярность обусловлена не только высокой информационной ёмкостью и устойчивостью к ошибкам, но и строгой стандартизированной внутренней структурой, а так-

же чётко регламентированным алгоритмом формирования. В связи с этим для эффективного применения QR-кодов в системах отслеживания физических объектов необходимо глубокое понимание их архитектуры и этапов кодирования данных. В отличие от традиционных одномерных штрих-кодов, QR-код кодирует информацию в виде матрицы квадратных модулей, что обеспечивает быструю декодировку и надёжную работу в сложных условиях эксплуатации.



Рисунок 5. Структурное строение QR-кода

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работы [8]

QR-код представляет собой модульную матрицу, состоящую из строго регламентированных функциональных областей, которые комплексно обеспечивают кодирование информации, синхронизацию, определение пространственной ориентации и коррекцию ошибок, что рассмотрено на рисунке 5. Информация о версии определяет размер матрицы и количество модулей: с увеличением версии возрастают физические размеры QR-кода и его информационная ёмкость, что позволяет кодировать данные от кратких идентификаторов до сложных массивов информации. Форматная информация содержит сведения об уровне коррекции ошибок и выбранной маске; маскирование снижает визуальную неоднородность и повышает надёжность декодирования, а механизм коррекции ошибок обеспечивает восстановление данных даже при частичном повреждении кода.

Основная область матрицы включает полезные данные и коды коррекции ошибок, сформированные на основе алгоритма Рида–Соломона; их распределение по всей площади кода повышает устойчивость структуры. Синхронизирующие линии позволяют определить геометрию модулей и обеспечивают корректное считывание даже при наклоне изображения, а угловые ориентиры (finder patterns) служат для быстрого определения положения и угла поворота кода. В версиях с увеличенным размером применяются выравнивающие элементы (alignment patterns), компенсирующие геометрические искажения на неров-

ных или изогнутых поверхностях. Обязательная свободная зона (quiet zone) отделяет QR-код от внешних графических элементов и гарантирует его стабильное распознавание.

В целом структура QR-кода основана на согласованном сочетании механизмов управления версией, коррекции ошибок, синхронизации и пространственной адаптации, что обеспечивает его надёжность, гибкость и эффективность применения в масштабируемых информационных системах автоматической идентификации [9].

Алгоритм формирования QR-кода, рассмотренный на рисунке 6, представляет собой строго регламентированную последовательность этапов, направленных на компактное, надёжное и помехоустойчивое кодирование информации. Процесс реализуется в соответствии со стандартом ISO/IEC 18004 и обеспечивает согласованность процедур кодирования и декодирования. Ключевая задача алгоритма заключается в оптимальном размещении данных, повышении устойчивости к ошибкам и сохранении структурной целостности QR-кода. На первом этапе выполняется анализ входных данных и выбирается соответствующий режим кодирования (цифровой, алфавитно-цифровой, байтовый или Kanji). Далее устанавливается уровень коррекции ошибок (L, M, Q или H), представленный в таблице 3, после чего данные преобразуются в двоичный формат и определяется версия QR-кода, достаточная для размещения заданного объёма инфор-

мации. Затем закодированные данные разбиваются на блоки, для каждого из которых с использованием алгоритма Рида–Соломона формируются коды коррекции ошибок. Эти дополнительные байты обеспечивают восстановление информации при частичном повреждении символа. После генерации кодовых слов в матрицу QR-кода последовательно размещаются структурные элементы – маркеры позиционирования,

линии синхронизации, поля формата и версии, – а информационные биты записываются в соответствии с установленным зигзагообразным порядком. Далее проводится оценка восьми вариантов маскирования, выбирается оптимальная маска, и её номер фиксируется в поле формата. На заключительном этапе формируется окончательная матрица QR-кода, готовая к практическому использованию [9].

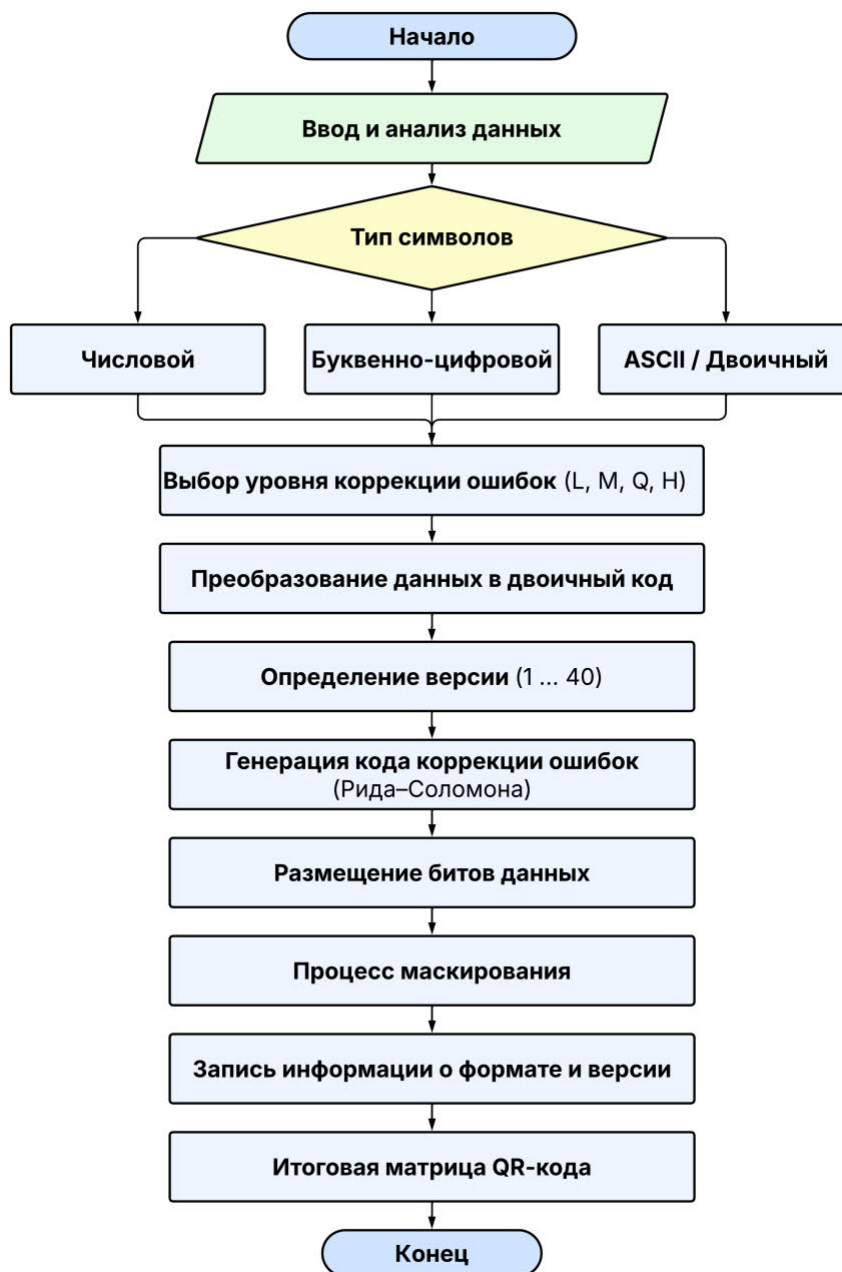


Рисунок 6. Схема данных формирования QR-кода

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К. на основе работы [9]

Таблица 3. Уровни коррекции ошибок QR-кода и их обозначения

Уровень	Обозначение	Способность к коррекции ошибок
Low	L	Обеспечивает восстановление данных при повреждении до 7% модулей
Medium	M	Обеспечивает восстановление данных при повреждении до 15% модулей
Quartile	Q	Обеспечивает восстановление данных при повреждении до 25% модулей
High	H	Обеспечивает восстановление данных при повреждении до 30% модулей

Источник: заимствовано из работы [8]

Повышение уровня коррекции ошибок приводит к уменьшению полезной информационной ёмкости QR-кода, однако обеспечивает надёжное считывание даже повреждённых кодов. Применяемый в QR-кодах алгоритм Reed–Solomon (RS) обеспечивает высокую устойчивость к ошибкам и позволяет восстановить исходные данные даже в случае частичной утраты или нечитаемости отдельных фрагментов кода. Кодирование RS используется не только в QR-кодах, но и во многих системах цифровой связи и хранения данных. Благодаря способности корректировать сгруппированные последовательные ошибки в пределах одного участка, алгоритм Reed–Solomon является ключевым

механизмом обеспечения устойчивости и надёжности QR-кода.

В системах отслеживания физических объектов QR-код выступает эффективным средством идентификации благодаря высокой информационной ёмкости, устойчивости к ошибкам и всенаправленному считыванию. Он может содержать как уникальный идентификатор, так и идентификатор вместе с минимальным набором метаданных, что облегчает как онлайн-, так и офлайн-проверку. Кроме того, возможность считывания с помощью обычной камеры делает QR-код экономически целесообразным и легко интегрируемым в различные информационные системы.

Таблица 4. Сравнительный анализ технологий штрих-кода и QR-кода в системах отслеживания физических объектов

№	Критерий оценки	Штрих-код (1D)	QR-код (2D)
1	Информационная ёмкость	Низкая	Высокая
2	Структура кодирования	Одномерная, линейная	Двумерная, матричная
3	Коррекция ошибок	Обнаружение ошибок без их исправления	Исправление ошибок на основе алгоритма Reed–Solomon
4	Считывание при частичном повреждении	Высокая вероятность невозможности считывания	Возможность считывания при частичном повреждении
5	Направление сканирования	Чувствителен к ориентации	Всенаправленное (omni-directional) считывание
6	Сканирующее оборудование	Специализированный сканер	Камера смартфона или сканирующее устройство
7	Интеграция в информационные системы	Стабильная, широко внедрённая	Гибкая и удобная интеграция
8	Масштабируемость	Ограниченная	Высокая
9	Области применения	Торговля, складской учёт, инвентаризация	Документооборот, архивирование, логистика, промышленность

Источник: разработано автором Абдулхамидовой Н. К.

Результаты, представленные в таблице 4, показывают, что технологии кодирования 1D и 2D существенно различаются по своим функциональным возможностям. Одномерные коды, благодаря простой структуре и высокой скорости декодирования, широко применяются в торговых и складских системах. QR-код, в свою очередь, отличается высокой информационной ёмкостью, наличием механизмов коррекции ошибок и возможностью считывания вне зависимости от ориентации, что делает его предпочтительным в более сложных процессах контроля. В связи с этим выбор технологии кодирования дол-

жен основываться на функциональных задачах системы и требованиях к безопасности.

### Заключение

В ходе исследования был проведён анализ технических характеристик и сфер применения технологий 1D-штрих-кодов и 2D-QR-кодов. Полученные результаты показали, что эффективность каждой технологии напрямую зависит от условий её использования. Разработанный подход к оценке создаёт методическую основу для обоснованного выбора технологии в реальных информационных системах.

### Литература

1. Волхонский В. В. Системы контроля и управления доступом. Штриховые коды. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. – 53 с. – EDN: ZUZRGV.
2. Златопольский Д. М. Штрих-код // Вестник Московского университета. Серия 20: «Педагогическое образование». – 2011. – № 3. – С. 114–117. – <https://doi.org/10.51314/2073-2635-2011-3-114-117>. – EDN: NJPVOU.
3. Alsubibany S. A. (2025) Innovative QR Code System for Tamper-Proof Generation and Fraud-Resistant Verification. *Sensors*. – Vol. 25(13). – No. 3855, 19 p. – <https://doi.org/10.3390/s25133855>. (In Eng.).
4. Manthou V., Vlachopoulou M. (2001) Bar-code Technology for Inventory and Marketing Management Systems: A Model for its Development and Implementation. *International Journal of Production Economics*. – Vol. 71, pp. 157–164. – [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00115-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00115-8). (In Eng.).
5. Rasdorf W. J., Herbert M. J. (1990) Automated Identification Systems – Focus on Bar Coding. *Journal of Computing in Civil Engineering*. – Vol. 4. – No. 3, pp. 279–296. – [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1990\)4:3\(279\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1990)4:3(279)). (In Eng.).
6. Scanzio S., et al. (2024) Executable QR Codes with Machine Learning for Industrial Applications. *TechRxiv*. IEEE ETFA. – <https://doi.org/10.36227/techrxiv.173272702.23405166/v1>. (In Eng.).
7. Shokeen G., Aggarwal S., Bhatia M. K. (2022) QR Code Analysis. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*. Vol. 10. Issue XII (Dec.). – <https://doi.org/10.22214/IJRASET.2022.47978>. (In Eng.).
8. Tiwari S. (2016) An Introduction to QR Code Technology. *2016 International Conference on Information Technology (ICIT)*. Bhubaneswar, India, 22–24 December 2016, pp. 39–44. – <https://doi.org/10.1109/ICIT.2016.021>. (In Eng.).
9. Turapov Sh. N., Abdulhamidova N. Q. (2025) QR-kod texnologiyasining ishlash prinsipi va axborotlarni kodlash algoritmlari. *Scientific-technical journal (FerSTU)*. – Vol. 29. – No.6, pp. 193–206.
10. Wahsheh H. A. M., Luccio F. L. (2020) Security and Privacy of QR Code Applications: A Comprehensive Study, General Guidelines and Solutions. *Information*. – Vol. 11(4). – No. 217, 23 p. – <https://doi.org/10.3390/info11040217>. (In Eng.).
11. Yun I., Kim J. (2017) Vision-based 1D Barcode Localization Method for Scale and Rotation Invariant. *TENCON 2017 – IEEE Region 10 Conference*. Penang, Malaysia, 5–8 November 2017, pp. 2204–2208. – <https://doi.org/10.1109/TENCON.2017.8228227>. (In Eng.).
12. Zakariya M. R. (2025) A Comparative Study on QR Code and Bar Code Detection Techniques in Modern Systems. *International Journal of Synergy in Engineering and Technology*. – Vol. 6. – No. 1 (2025), pp. 14–22.

Статья поступила в редакцию: 26.02.2026; принята в печать: 22.04.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.