

УДК 004.4:004.92:004.932

А. А. Молдованов, Л. С. Корочкин, М. С. Шмаков
Белорусский государственный технологический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ МАТРИЧНЫХ ШТРИХОВЫХ КОДОВ

Вопросы защиты данных, их верификации, подтверждения подлинности, способы достижения оптимального уровня защиты материальных и информационных единиц – на протяжении всего времени остаются актуальными для человека. Повсеместное внедрение цифровых технологий в большинство сфер жизни: промышленность, логистику, медицину, обслуживание и т. п. открывает новые возможности обнаружения фальсификатов. Особенно важным это является в сфере производства потребительской продукции, так как поддельная продукция может нести реальную опасность конечному покупателю, репутационные риски производителю и налоговые потери бюджету. Единица продукции подвергается маркировке штриховым кодом с уникальной информацией, которая является ключом к полной истории товарооборота данной единицы и к ее текущему логистическому статусу. В рамках отечественных электронных систем используется стандарт матричного штрихового кода DataMatrix.

В работе проведены исследования способов модификации стоковой структуры матричных штриховых кодов с целью внесения защитной информации. Представлены примеры возможных модификаций DataMatrix, результаты функционирования прототипа программного сканера.

Ключевые слова: матричные штриховые коды, продукция, защита, DataMatrix, верификация данных, программный сканер, алгоритм, мобильное приложение.

Для цитирования: Молдованов А. А., Корочкин Л. С., Шмаков М. С. Формирование дополнительной защиты матричных штриховых кодов // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2021. № 2 (249). С. 62–68.

A. A. Moldovanov, L. S. Korochkin, M. S. Shmakov
Belarusian State Technological University

CREATION OF ADDITIONAL PROTECTION FOR MATRIX BARCODES

The issues of data protection, their verification, authentication, ways to achieve the optimal level of protection of material and information units - throughout the entire time remain relevant for a person. The widespread introduction of digital technologies in most spheres of life: industry, logistics, medicine, service, etc., open up new possibilities for the detection of counterfeits. This is especially important in the production of consumer products, since counterfeit products can pose a real danger to the end customer, reputational risks to the manufacturer and tax losses to the budget. A unit of production is subject to barcode labeling with unique information, which is the key to the complete history of the unit's turnover and to its current logistic status. In the frame of domestic electronic systems, the DataMatrix matrix bar code standard is used.

In this work, research has been carried out on methods for modifying the stock structure of matrix bar codes in order to introduce security information. Examples of possible modifications of DataMatrix, results of functioning of a prototype of a software scanner are presented.

Key words: matrix bar codes, products, protection, DataMatrix, data verification, software scanner, algorithm, mobile application.

For citation: Moldovanov A. A., Korochkin L. S., Shmakov M. S. Creation of additional protection for matrix barcodes. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2021, no. 2 (249), pp. 62–68 (In Russian).

Введение. В силу современных тенденций гарантам торгово-экономической защищенности государств является развитая информационно-цифровая инфраструктура. Бизнес-процессы подвергаются цифровой трансформации, финансовые операции осуществляются безналичным путем, логистический контроль все в большей степени зависит от уровня интеграции

информационных технологий и т. д. Подобные процессы требуют оперативной взаимной адаптации всех сфер деятельности государств. Примерами развивающихся систем идентификации и учета продукции являются «Честный знак» в Российской Федерации [1] и отечественный «Электронный знак» [2]. Подобные им системы применяют двумерные штриховые коды, являющиеся

носителем информации, которая позволяет уникально идентифицировать логистическую единицу, товар, на каждом этапе ее жизненного цикла и обеспечить контроль операции над ней. В качестве штрихового кода используется стандарт матричного штрихового кода GS1 DataMatrix, располагаемый на продукции путем печатания на упаковке либо аппликацией. В статье проведено исследование возможных способов изменения стоковой структуры DataMatrix без потери возможности считывания стандартными ридерами. Подобный баркод должен сохранять открытую информацию в целостном состоянии с единовременным наличием сокрытых данных в своей структуре. Согласно рассматриваемой идеи сокрытые данные могут быть считаны только специальным программным сканером.

Основная часть. В качестве экспериментального типа штрихового кода, подвергаемого модификации, был выбран DataMatrix, однако проведенные ниже исследования позволяют заявлять, что предлагаемые модификации применимы и к другим типам баркодов, базирующимся на алгоритмах Рида – Соломона или иных, поддерживающим уровня коррекции и избыточности.

Основной целью описываемых модификаций структуры является повышение уровня защищенности самого процесса идентификации логистической единицы во время считывания DataMatrix, так как проприетарный, авторский и тем самым закрытый от свободно кодирования/декодирования элемент штрихкода позволяет первично верифицировать сам штриховой код и его открытую информацию на подлинность.

Поддерживаемые уровни избыточности DataMatrix применяются для восстановления информации в случае повреждения носителя штрихового кода. Данное свойство делает возможным внесение дополнительных данных в его структуру. Следует отметить, что не стоит использовать максимальный порог избыточности в целях авторских модификаций, так как в случае реального повреждения открытая информация не сможет быть считана и восстановлена сканерами.

Размер интегрированных элементов не должен превышать предельно допустимого уровня коррекции ошибок. Данный размер вычисляется по формуле

$$S_1 = \frac{S_0 \cdot L}{100},$$

где S_1 – площадь интегрируемого изображения; S_0 – площадь исходного штрихкода; L – уровень коррекции ошибок в процентах.

Было разработано два экспериментальных программных модуля. Первый из них является

кодером защитной информации. В его задачи входит формирование защитного изображения на базе DataMatrix, его кодирование и рассредоточение созданного элемента на поверхности открытых к считыванию данных. Под последними подразумевается стандартный матричный штриховой код. Второй – авторский ридер защитной информации, базирующийся на открытом программном обеспечении (ПО) ML Kit стандартных сканеров. Прототип ридера способен распознавать открытые данные, как и любой стандартный сканер, с отличием в том, что был внедрен дополнительный авторский алгоритм распознавания защищенной информации [3].

Таким образом, экспериментальная часть с использованием прототипа программного обеспечения кодировщика имеет следующие этапы, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Этапы создания DataMatrix с защищенными элементами

Алгоритм функционирования прототипа ридера-декодировщика представлен на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм работы ридера-декодировщика

По существу ПО-кодировщик подготовливает защищенное DataMatrix изображение к печати на материальном носителе. Для этого пользователь осуществляет ввод открытой информации и информации, подвергаемой

к кодированию / защите. В свою очередь ридер-декодировщик берет на себя обязательство считать общедоступные данные DataMatrix, отыскать защищенный блок на общей площади, декодировать его и вывести все данные на экран сканера.

Для генерации данных согласно стандарту DataMatrix использовалась свободная библиотека ZXing [3]. Для кодирования защитной информации и расположения ее на общей площади изображения применялся авторский алгоритм, разработанный на языке программирования Kotlin в среде IntelliJ Idea Community edition. Данное ПО имеет поля для ввода открытой и закрытой информации с последующим кодированием и сохранением в единый графический файл [4].

Согласно рассматриваемой идеи защищенный блок данных может располагаться в любой допустимой зоне DataMatrix при условии сохранения возможности считывания открытой информации стандартными сканерами. В работе были рассмотрены два варианта расположения защитного блока. Первый вариант представляет собой позиционирование закодированных данных в левом нижнем углу общего изображения, он показан на рис. 3. Закодированная информация выделена пунктирной линией для наглядности, в фактически используемом изображении она не используется.

Рис. 3. Способ позиционирования
защитного блока
в левом нижнем углу

Второй опытный вариант позиционирования защитного блока представляет собой расположение закодированных данных по центру общей площади изображения. Он изображен на рис. 4.

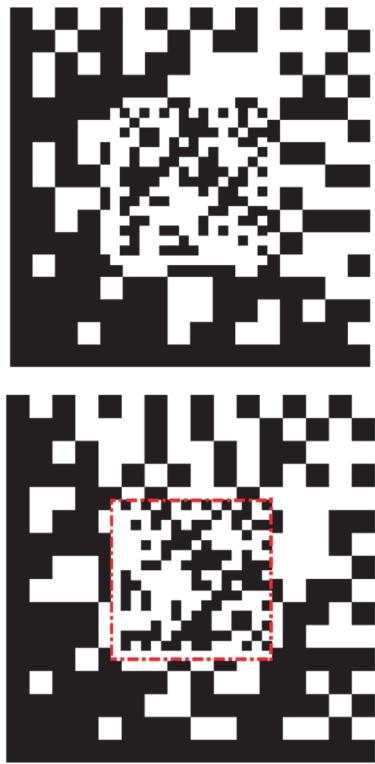


Рис. 4. Способ позиционирования защитного блока по центру общего изображения

В обоих опытных вариантах в качестве открытой информации была закодирована буквенная последовательность **Open data SC**; в качестве защитных данных – строка **Hidden data SC**. Согласно рассматриваемой идее первая строка должна считываться любым стандартным сканером, поддерживающим DataMatrix стандарт. Скрытые же данные могут быть считаны только авторским проприетарным ридером и оставаться игнорируемыми стандартными сканерами [5].

В качестве прототипа ридера-декодировщика применялось разработанное автором мобильное приложение [6] на платформе Android [7]. Ридер использует камеру смартфона для непрерывного продолжительного фотографирования / сканирования изображений с целью поиска открытых и закрытых данных. Пользовательский графический интерфейс [8] до начала процесса сканирования представлен на рис. 5. По нажатию на кнопку «Сканировать» запускается камера смартфона [9] для начала процесса поиска данных согласно рис. 2.

Как результат успешного поиска данных поля «Общедоступная информация» и «Защищенная

информация» должны быть заполнены фактически найденной информацией. Также разработанный сканер в демонстрационных целях отображает все найденные элементы изображения [10].

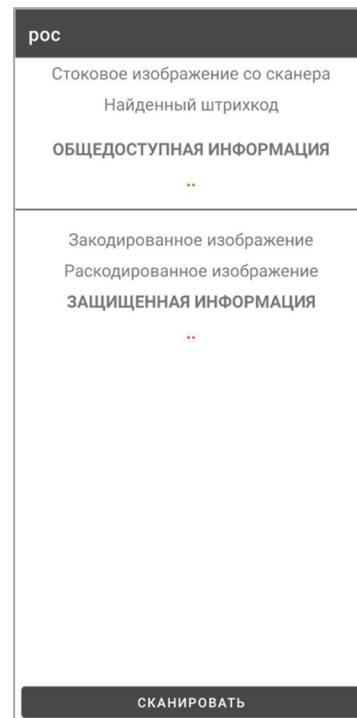


Рис. 5. Ридер-декодировщик до начала процесса сканирования

На рис. 6 представлен процесс начала сканирования с отображением общедоступной информации на экране.

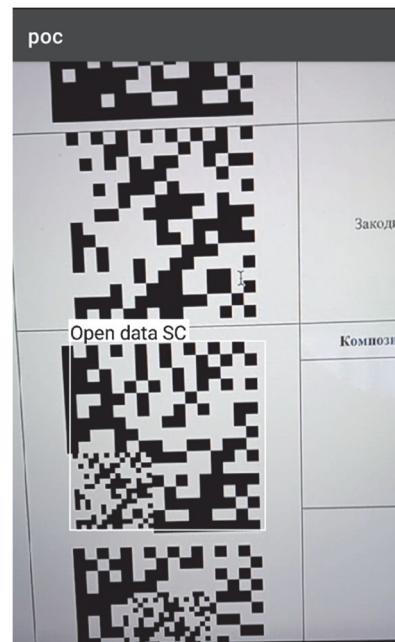


Рис. 6. Начало процесса поиска данных ридером

Процесс поиска осуществляется до тех пор, пока не будет найден защитный блок с успешной его декодировкой [11]. Результаты успешной работы сканера представлены на рис. 7–10 с отображением каждого из этапов распознавания данных.

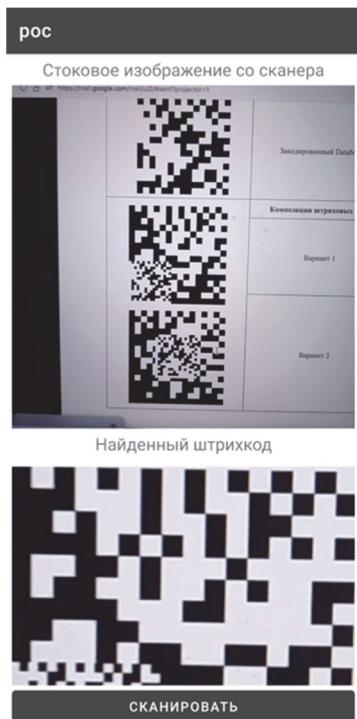


Рис. 7. Обнаружено изображение DataMatrix



Рис. 8. Распознана открытая информация Open data SC



Рис. 9. Найден защитный блок



Рис. 10. Защитная информация Hidden data SC раскодирована и представлена в графическом виде

Минимальный размер общей площади изображения с успешным результатом сканирования в опытных поисках составил порядка 8 мм. Данная величина не может быть однозначно детерминирована,

так как смартфоны могут иметь различное разрешение камеры, а качество печати может отличаться для разных устройств. Базовый Data-Matrix может комбинироваться в несколько блоков согласно инструкциям стандарта без потери возможности поиска защитного изображения.

Заключение. В результате проведенной работы можно заключить, что структуры матричных штрихкодов, базирующиеся на алго-

ритмах Рида – Соломона, позволяют привносить в них экстра-данные с целью дополнительной защиты без увеличения общей площади изображения. Открытыми вопросами остаются скорость промышленной печати и верификации, фактическая величина потерь уровня читабельности стандартными сканерами при физическом повреждении общей площади. Зависимость разрешения камеры сканера и минимальной площади изображения.

Список литературы

1. Национальная система цифровой маркировки «Честный знак». URL: <https://xn--80ajghhoc2aj1c8b.xn--p1ai/> (дата обращения: 14.05.2021).
2. Государственная информационная система маркировки товаров «Электронный знак». URL: <https://datamark.by/> (дата обращения: 17.06.2021).
3. Открытая кроссплатформенная библиотека работы с 1D и 2D штрихкодами. URL: <https://github.com/zxing/> (дата обращения: 18.05.2021).
4. Штарков Ю. М. Универсальное кодирование. Теория и алгоритмы. М.: Физматлит, 2013. 266 с.
5. Мартин Р., Гренниг Д., Браун С. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2018. 352 с.
6. Хорстманн К. С. Java – библиотека профессионала. СПб.: Наука, 2014. 864 с.
7. Эспозито Д. Архитектура корпоративных мобильных решений. СПб.: Русская редакция, 2014. 462 с.
8. Дейтел П., Дейтел Х., Уолд А. Android для разработчиков. СПб.: Питер, 2016. 512 с.
9. Фелкер Д. Android: разработка приложений для чайников. М.: Издат. дом «Вильямс», 2012. 336 с.
10. Таненбаум Э., ван Стейн М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003. 877 с.
11. Верзун Н. А., Воробьева Д. М., Колбанев М. О. Информационные технологии и телекоммуникации. СПб.: СПбГЭУ, 2018. 100 с.

References

1. *Natsionalnaya sistema tsifrovoy markirovki “Chestnyy znak”* [The system of compulsory labeling of goods “Honest sign”]. Available at: <https://xn--80ajghhoc2aj1c8b.xn--p1ai/> (accessed 14.05.2021).
2. *Gosudarstvennaya informatsionnaya sistema markirovki tovarov “Elektronnyy znak”* [State information system for marking goods “Electronic sign”]. Available at: <https://datamark.by/> (accessed 17.06.2021).
3. *Otkrytaya krossplatformennaya biblioteka raboty s 1D i 2D shtrikhkodami* [Open cross-platform library for working with 1D and 2D barcodes]. Available at: <https://github.com/zxing/> (accessed 18.05.2021).
4. Shtarkov Y. M. *Universal'noye kodirovaniye. Teoriya i algoritmy* [Universal coding. Theory and algorithms]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2013. 266 p.
5. Martin P., Grenning D., Braun C. *Chistaya arkhitektura. Iskusstvo razrabotki programmnogo obespecheniya* [Clean architecture. The art of software engineering]. St. Petersburg, Piter Publ., 2018. 352 p.
6. Khorstmann K. S. *Java – biblioteka professionala* [Java – professional library]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2014. 864 p.
7. Espozito D. *Arkhitektura korporativnykh mobil'nykh resheniy* [Architecture of corporate mobile solutions]. St. Petersburg, Russkaya redaktsiya Publ., 2014. 462 p.
8. Deytel P., Deytel Kh., Uold A. *Android dlya razrabotchikov* [Android for developers]. St. Petersburg, Piter Publ., 2016. 512 p.
9. Felker D. *Android: razrabotka prilozheniy dlya chaynikov* [Android: Developing applications for dummies]. Moscow, Izdatel'skiy Dom “Vil'yams” Publ., 2012. 336 p.
10. Tanenbaum A., Maarten van Steen. *Raspredelennyye sistemy. Printsipy i paradigmy* [Distributed systems. Principles and paradigms]. St. Petersburg, Piter Publ., 2003. 877 p.
11. Verzun N. A., Vorob'yeva D. M., Kolbanev M. O. *Informatsionnyye tekhnologii i telekommunikatsii* [Information technologies and telecommunications]. St. Petersburg, SPbGEU Publ., 2018. 100 p.

Информация об авторах

Молдованов Артем Андреевич – аспирант кафедры полиграфического оборудования и систем обработки информации. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: amaldavanau@gmail.com

Корочкин Леон Сергеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры полиграфического оборудования и систем обработки информации. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lenyakorochkin@gmail.ru

Шмаков Михаил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой полиграфического оборудования и систем обработки информации. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: shmakov@belstu.by

Information about the authors

Moldovanov Artem Andreyevich – PhD student, the Department of Printing Equipment and Information Processing Systems. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: amaldavanau@gmail.com

Korochkin Leon Sergeyevich – DSc (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Printing Equipment and Information Processing Systems. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lenyakorochkin@gmail.ru

Shmakov Mikhail Sergeyevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Printing Equipment and Information Processing Systems. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shmakov@belstu.by

Поступила 27.09.2021