

УДК 004.932

Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С.  
Луцький національний технічний університет

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ QR-КОДІВ ТА АЛГОРИТМИ ЇХ ГЕНЕРУВАННЯ

**Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С.** Сучасні тенденції в розвитку технологій QR-кодів та алгоритми їх генерування. У статті розглянуто останні тенденції в розвитку QR-кодів, зокрема проаналізовано деякі QR CMS. Детально розглянуто алгоритм зчитування QR-коду, наведено приклад використання бібліотеки DelphiZXIngQRCode.

**Ключові слова:** QR-код, QR-генератор, алгоритм зчитування QR-коду, QR CMS, ZXIng.

**Лавренчук С.В., Коцюба А.Ю., Шостак М.С.** Современные тенденции в развитии технологий QR-кодов и алгоритмы их генерации. В статье рассмотрены последние тенденции в развитии QR-кодов, в частности проанализированы некоторые QR CMS. Подробно рассмотрен алгоритм считывания QR-кода, приведен пример использования библиотеки DelphiZXIngQRCode..

**Ключевые слова:** QR-код, QR-генератор, алгоритм считывания QR-кода, QR CMS, ZXIng.

**Lavrenchuk S.V., Kotsyuba A.Yu., Shostak M.S.** Current trends in the development of QR code technologies and their generation algorithms. The article describes the latest trends in the development of QR codes, in particular, some QR CMS have been analyzed. The algorithm for reading a QR code is described in detail, an example of using the DelphiZXIngQRCode library is given.

**Keywords:** QR-code, QR-generator, QR-code reading algorithm, QR CMS, ZXIng.

**Постановка проблеми.** Qr-коди (від англ. Quick Response – швидка відповідь) вперше з'явилися в Японії і набули широкого застосування як легкий спосіб швидкої передачі інформації до мобільного пристрою. Вони можуть зберігати відносно великі об'єми даних: нагадування, телефонні номери, текстові повідомлення, електронну адресу, посилання на сайт, описи продукції тощо. Так як смартфони та інші мобільні гаджети зараз дуже популярні, особливо серед молоді, то й QR-коди застосовуються все частіше в різних сферах, зокрема в маркетингу, логістиці, туризмі, банківській діяльності. Їх можна застосовувати як альтернативу штрих-кодам при автоматизації роботи магазинів та складів; як рекламу на упаковках, вітринах, дошках оголошень, вивісках, буклетах; для зберігання розповсюдження візиток в електронному форматі, а також для відстеження продукції та ідентифікування товарів. Сучасний бізнес здебільшого використовує динамічні Qr-коди (відомі ще як «живі»). Вони вирізняються тим, що інформацію, на яку веде закодоване посилання, можна відредагувати без втручання в сам код. Після сканування динамічний код перенаправляє користувача на сервер, який в свою чергу на основі даних, що зберігаються в базі даних, перенаправить його на сторінку з потрібною інформацією. На відміну від динамічних, статичні Qr-коди зберігають лише корисну інформацію безпосередньо в текстовому вигляді, або ведуть на веб-сторінку без перенаправлення через вторинні посилання. Статичні коди добре підходять для незмінної інформації, для їх створення не потрібні особливі технологічні засоби, а тому вони здебільшого використовуються безкоштовно. Динамічні ж коди потребують серверів, через які відбувається їх обробка (створення, зберігання, управління та відстеження, збір статистичних даних тощо). Чим більше функцій містить система управління динамічними кодами, тим вищі вимоги до сервера, а відповідно і вартість використання такої системи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Є досить багато інформації про Qr-коди в мережі інтернет, зокрема технічна документація [1], на сайтах банків розміщено інформацію по можливості використання Qr-кодів при оплаті різних видів послуг [2], зокрема на сайті Приватбанку зазначено, що Qr-код можна використовувати як альтернативу POS-терміналу, цей банк також безкоштовно формує та друкує плакати з реквізитами платежів. Питанням використання QR-кодування в Україні присвячена робота Христини Засядної [3], дослідження концепції цифрової аутентифікації з використанням QR-коду в системі цифрової безпеки в освіті проведено в працях [4, 5]. Qr-коди також успішно використовуються в криптографії [6], медицині [7], маркетингу [8], бібліотеках, зокрема й у онлайн-енциклопедії Вікіпедії [9]

Новим видом бізнесу стало створення QR CMS – систем управління QR кодами. Серед множини таких систем, що зустрічалися нам в мережі Інтернет, виділимо наступні:

- <https://creambee.ru> – комерційна система, що надає функції:
- Створення класичних QR-кодів;

- Створення динамічних QR-кодів;
- Оформлення і стилізація QR-кодів;
- Зберігання та організація QR-кодів;
- Редагування раніше створених QR-кодів;
- Аналіз статистики сканування (зчитування) QR-кодів;
- Управління QR проектами і рекламними кампаніями;
- Управління своїм профілем і користувачами.

Цей ресурс надає безкоштовний доступ до частини своїх функцій на перших 14 днів після реєстрації, тож ми спробували перевірити деякі його можливості (рис. 1)

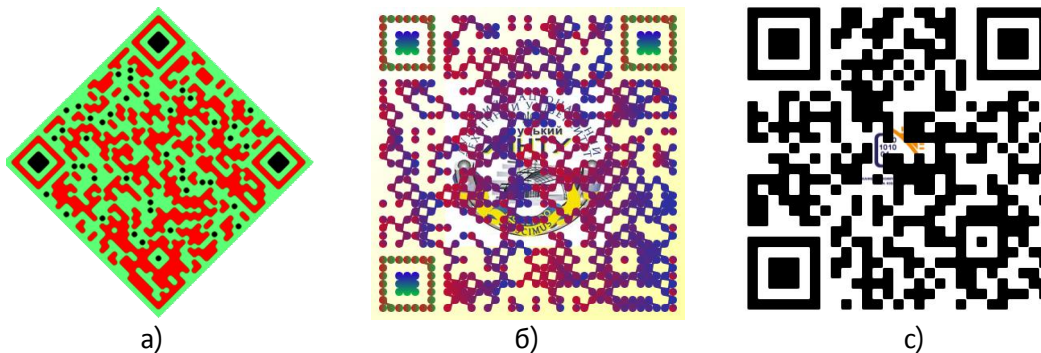


Рисунок 1 – Зразки QR-кодів, створених за допомогою Creambee

На рис. 1 (а-б) наведено приклади статичних QR-кодів, що містять посилання на сайт кафедри, а на рис. 1 (с) – динамічний QR-код, який має інформацію, що наведена на рис. 2. Аналітичні та статистичні функції платні в даного сервісу.

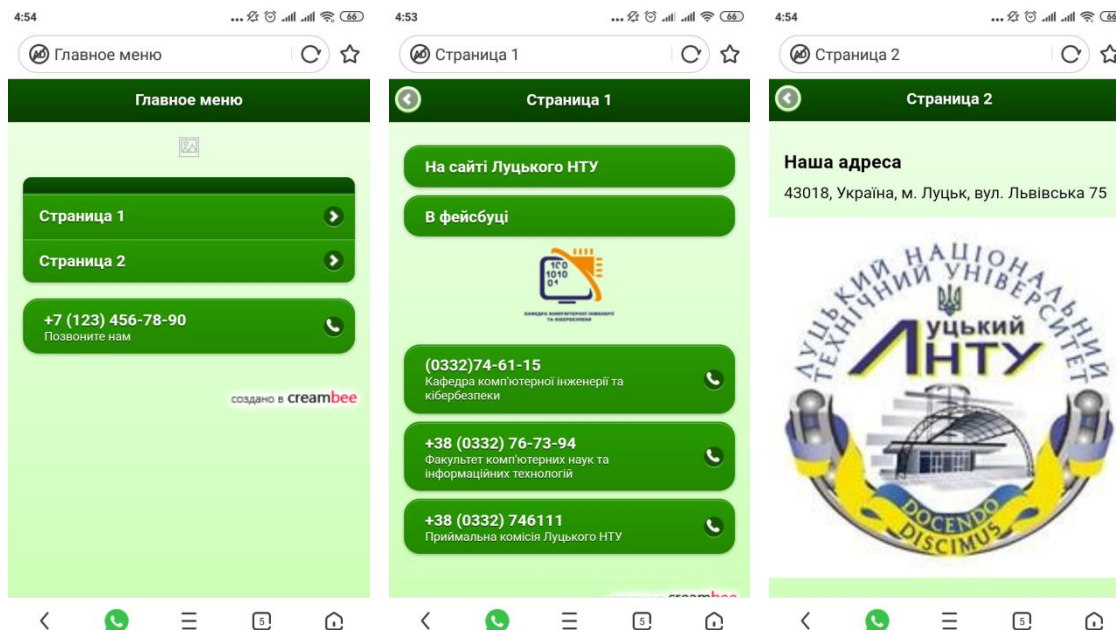


Рисунок 2 – Зразки динамічного QR-коду, створеного за допомогою Creambee

<https://www.qr-code-generator.com> – комерційна система, аналогічна попередній.

<https://qrcode.trustthisproduct.com> – міжнародний маркетинговий онлайн сервіс для виробників товарів, що надає подібні функції, що й попередній. Цей сервіс містить функції керування інформацією про продукти, генерації етикеток за зразком користувача з інкапсульованими QR-кодами, відслідкування маркетингових (стать, вік, мова) та географічних даних користувачів, що сканують коди. Згенеровані тут динамічні коди можна використовувати для зворотного зв'язку з

виробником і розповсюдження описів товарів у соціальних мережах. Сервіс також пропонує цікавий алгоритм захисту продуктів під власним брендом від підробок та фіксування за допомогою відслідкування географії фактів нелегального експорту чи імпорту продукції. Тут враховано також можливість статистичної похибки і розраховано мінімальну вибірку даних для потрібної точності.

Щодо ціни користування такими ресурсами, то вона наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Вартість користування QR CMS за рік

Ресурс	Старт	Бізнес	Преміум
https://trustthisproduct.com	0 (базові функції)	589 \$/рік	4989 \$/рік
https://creambee.ru	від 70 \$/рік	від 145 \$/рік	від 413 \$/рік
https://www.qr-code-generator.com	60 \$/рік	150 \$/рік	450 \$/рік

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо узагальнений алгоритм зчитування/створення QR-

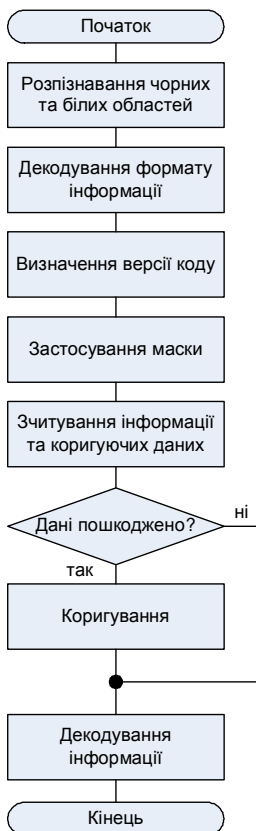


Рисунок 3 – Алгоритм розшифрування даних з QR коду

коду: дані, які необхідно закодувати, розбиваються на блоки залежно від режиму кодування. До розбитих по блоках даних додається заголовок, який вказує на режим і кількість блоків. На випадок некоректного читання даних, в QR застосовуються спеціальні коди, які здатні виправити недоліки при читанні. Це так звані коди Ріда-Соломона. Коди Ріда-Соломона (RS), які коригують помилки, записуються після всіх інформаційних даних. За стандартом, дані з RS-кодами перед записом в картинку “перемішуються”. Для цих цілей використовують спеціальні маски. Існує 8 алгоритмів, серед яких вибирається найкращий. Критерії вибору засновані на системі штрафів, про які можна також почитати в специфікації [1]. Виходячи з описаного алгоритму, можна виділити схему розшифрування даних з QR коду (рис. 3).

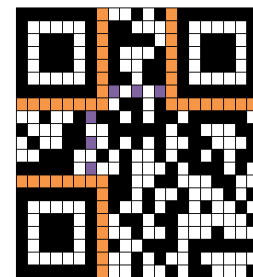


Рисунок 4 – Детектування коду

На зображеннях кодів видно кілька виразних областей. Ці області використовуються для детектування QR-коду (рис. 4). Ці дані не представляють інтерес з точки зору записаної інформації, але їх потрібно викреслити або просто запам'ятати їх розташування, щоб вони не заважали.

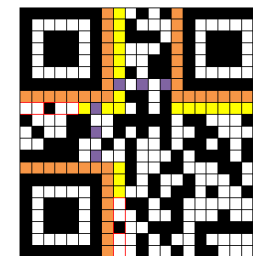


Рисунок 5 – Системна інформація на QR-коді

Все інше поле коду несе вже корисну інформацію. Її можна розбити на дві частини: системна інформація і дані. Також існує інформація про версії коду. Від версії коду залежить максимальний обсяг даних, які можуть бути записані в код [1]. Розміщення

системної інформації показано на рис. 5.

Системна інформація дублюється, що дозволяє значно знизити ймовірність виникнення помилок при детектуванні коду і зчитуванні. Системна інформація – це 15 біт даних, серед яких перші 5 – це корисна інформація, а решта 10 – це BCH-код (15, 5), який дозволяє виправляти помилки в системних даних. До класу BCH-кодів відносять і RS-коди.

Як вже говорилося, нас найбільше цікавлять перші 5 біт (рис. 6), з яких 2 біти показують рівень корекції помилок, а решта 3 біти показують яка маска з доступних 8 застосовується до даних. У розглянутому QR-коді (рис. 5) системна інформація містить 00100.

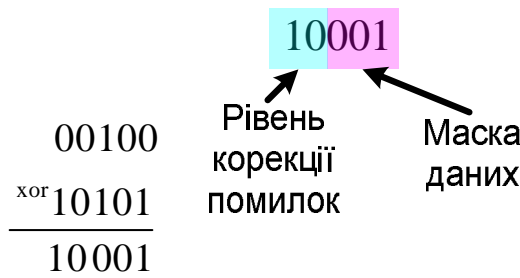


Рисунок 6 – Розшифрування системної інформації

Виходячи з [1], для нашого прикладу маємо рівень корекції помилок  $H$  (до 30% помилок можна скоригувати), а маску  $i \bmod 2 = 0$ . Після накладання маски на QR-код отримаємо його у вигляді, як на рис. 7. Щоб зрозуміти з якими даними доведеться мати справу, необхідно спочатку прочитати 4-х бітний заголовок, який містить в собі інформацію про режим (рис. 8). Зчитуємо 4 біти, що описують режим, і отримуємо 8-бітний режим (0100). Перший блок після покажчика режиму – це кількість символів. Для байтного режиму кількість записана в наступних 8 бітах (рис. 9). Отже, наш QR-код містить  $00000101b=5d$  пакетів інформації. На даний момент невідомо що зашифровано в ньому. Тому необхідно перейти до читання у наступних колонках для вилучення всіх блоків інформації (рис. 10).

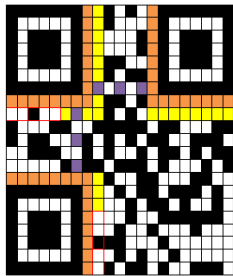


Рисунок 7 – Результат накладання маски

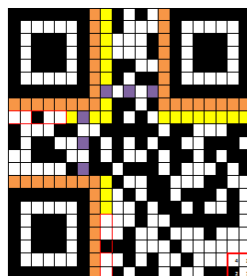


Рисунок 8 – Інформація про режим зчитування

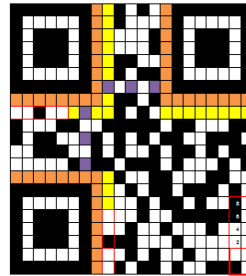


Рисунок 9 – Зчитування кількості символів

Зчитуємо інформацію: 01001011 01110011 01101101 00110100 00110001  
 01001011 – 75 – K  
 01110011 – 115 – s  
 01101101 – 109 – m  
 00110100 – 52 – 4  
 00110001 – 49 – 1  
 Отже, даний QR-код містить текст “Ksm41”.

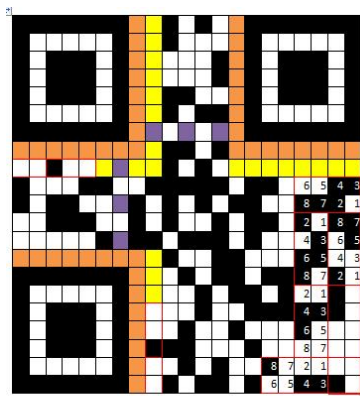


Рисунок 10 – Зчитування інформації

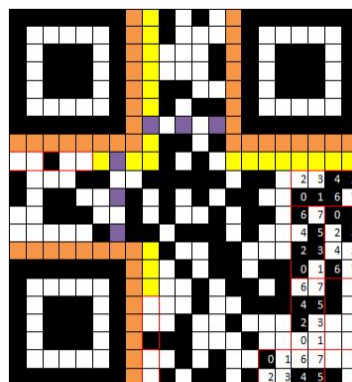


Рисунок 11 – Зчитування інформації (II спосіб)

Тут кожен темний піксель позначено як “1”, а світлий як “0” і використано порядок зчитування, представлений на рис. 10, проте існує ще інший спосіб зчитування інформації: в зворотньому





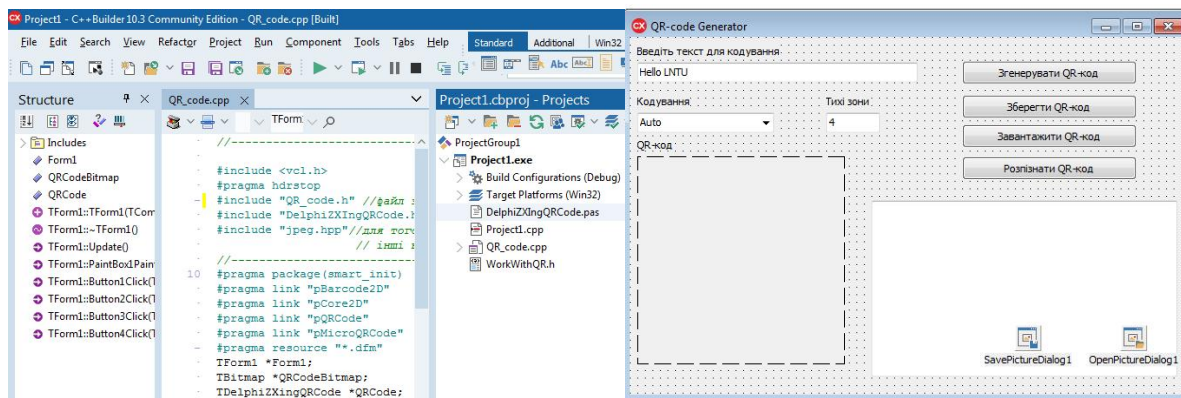


Рисунок 13 – Генератор QR-кодів на етапі розробки в середовищі C++ Builder

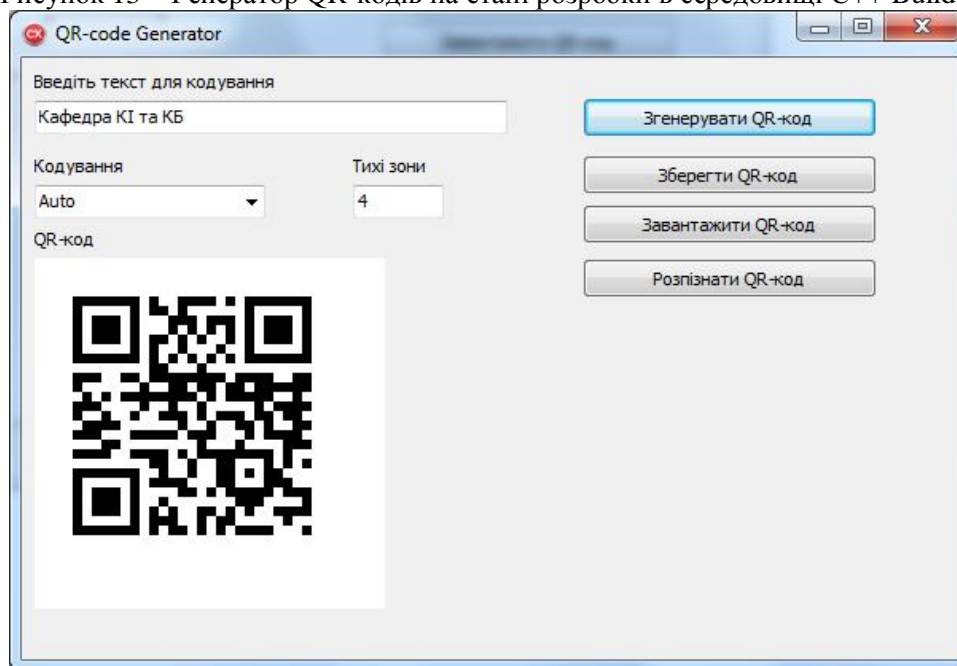


Рисунок 14 – Генератор QR-кодів

### Висновки та перспективи подальшого дослідження.

На основі наведеного в даній роботі аналізу основних тенденцій використання QR-кодів та розробленої програми, що тестує можливості бібліотеки ZXING, можна зробити висновок, що наступним завданням в розвитку цієї праці є створення динамічних QR-кодів. Також цікаво було б дослідити можливості застосування їх для поширення інформації про кафедру серед потенційних абітурієнтів.

1. QR Code Tutorial: <https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/format-version-information>
2. <https://privatbank.ua/qr>
3. Засядна Х.О. QR-кодування та альтернативні технології// Фінансовий простір. Міжнародний науково-практичний журнал – 2014. – №3. – С. 103 -108.
4. S. Goyal, S. Yadav and M. Mathuria, "Exploring concept of QR code and its benefits in digital education system," 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Jaipur, 2016, pp. 1141-1147.
5. Secure Examination System using Biometric and QR Code Technology: <http://ijesc.org/upload/86d82988fc664f2a4696b10bfd495109.Secure%20Examination%20System%20using%20Biometric%20and%20QR%20Code%20Technology.pdf>
6. V.Hajduk , M.Broda , O.Kovář and D.Levický, "Image steganography with using QR code and cryptography," 26th Conference Radioelektronika, IEEE pp. 978-1- 5090-1674-7, 2016
7. An Efficient Multiple Data Hiding Technique for Medical Images Using QR Code Authentication: <http://ijrsrset.com/paper/2162.pdf>
8. QR Code Acceptance as a New Form of Organization Marketing Tool: [http://eprints.utar.edu.my/2425/1/MBA\\_-1506637.pdf](http://eprints.utar.edu.my/2425/1/MBA_-1506637.pdf)
9. QRpedia: <https://uk.wikipedia.org/wiki/QRpedia>