

М.С. Шкода

ОСОБЛИВОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ І СФЕРА
ЗАСТОСУВАННЯ ДВОМІРНИХ БАР-КОДІВ*

У статті проаналізовано основні види сучасних двомірних штрихових кодів, визначено поняття «стековий штриховий код» і «матричний штриховий код», проведено порівняльну характеристику зарубіжного досвіду застосування стекових та матричних штрих-кодів, а також встановлено характер подальшого розвитку двомірних бар-кодів.

Ключові слова: двомірний бар-код, лінійний штриховий код, стековий штриховий код, матричний штриховий код.

Рис. 1. Табл. 2. Літ. 12.

М.С. Шкода

ОСОБЕННОСТИ, КЛАСИФИКАЦИЯ И СРЕДА
ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХМЕРНЫХ БАР-КОДОВ

В статье проанализированы основные виды современных двухмерных штрих-кодов, определено понятия «стековый штрих-код» и «матричный штрих-код», проведена сравнительная характеристика зарубежного опыта применения стековых и матричных штрих-кодов, а также установлен характер дальнейшего развития двухмерных бар-кодов.

Ключевые слова: двухмерный бар-код, линейный штрих-код, стековый штрих-код, матричный штрих-код.

M.S. Shkoda

PECULIARITIES, CLASSIFICATION AND APPLICATION
AREA FOR 2D BARCODES

The article analyzes major types of the current 2D barcodes and defines the notions of "stack barcode" and "matrix barcode"; the comparative description of foreign experience in application of stack barcodes and matrix barcodes is carried out, and the patterns for further development of 2D barcodes are presented.

Keywords: 2D barcode; linear barcode; stack barcode; matrix barcode.

Постановка проблеми. Потреби впровадження штрихових кодів продиктовані надзвичайно великим обсягом поставчань, територіальною розкиданістю взаємозалежних організацій і підприємств, недостатньою інформацією про властивості товару на його упаковці та в супровідній документації, браком достовірної та своєчасної інформації про надходження товару до покупця. Найпоширенішими на сьогодні є лінійні штрихові коди для зчитування інформації, недоліком яких є те, що вони можуть подавати лише невеликі обсяги реляції (кілька десятків символів).

Для подання більших обсягів інформації слід будувати штрихові коди з двомірною структурою ШК-позначки, для зчитування якої необхідно застосувати двохосьове сканування – по горизонталі та вертикалі [2]. Під час роботи з лінійними штриховими кодами необхідна комп'ютерна база даних. Застосу-

* статтю підготовлено на основі доповіді на X-му ювілейному міжнародному науковому семінарі «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи» (27 червня – 1 липня 2011 р., Київ – оз. Світязь).

вання двомірного штрихового коду дозволяє відмовитись від такої бази, оскільки ємність коду достатня для зберігання повної інформації про об'єкт. З огляду на зазначене, двомірні штрихові коди мають стати предметом ґрунтовного наукового дослідження з метою побудови ефективних систем управління рухом об'єктів у певній системі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Необхідно зазначити, що проблематика двомірних бар-кодів досить активно вивчається зарубіжними дослідниками, серед яких: К. Ванг [12], Е. Джозеф [4], Г. Като [5], Н. Норманд [6], Т. Павлідіс [7; 8], В. Турін [10; 11] та інші. Серед вітчизняних науковців ці проблеми досліджують І.А. Дичко [1–3] та Є.С. Сулема [1–3].

Однак у зазначених працях головним чином аналізуються загальні питання (про зручність запровадження штрихового коду і методи його сканування), тоді як поза увагою залишаються питання саме двомірних бар-кодів, порівняльної характеристики з лінійними штрих-кодами та їхнього впливу на управління виробництвом.

Мета дослідження: дослідити види існуючих на даний момент двомірних бар-кодів, їх переваги над лінійними штриховими кодами, розглянути зарубіжний досвід застосування двомірних бар-кодів і розробити на цій основі рекомендації щодо впровадження 2D-кодів на вітчизняних підприємствах.

Основні результати дослідження. Штриховий код – це послідовність чорних і білих смуг, яка містить певну інформацію у вигляді, зручному для зчитування технічними засобами [2; 3; 12]. Штрихові коди отримали широке застосування і виконують роль ключового індексу для доступу до бази даних. Проте традиційні одномірні штрихові коди допускають лише одноосьове сканування, за якого значення мають лише ширини штрихів і проміжків [3]. На даний час об'єм інформації збільшується, що, у свою чергу, вимагає набагато довшого штрих-коду. Так, необхідним стає кодування таких повідомлень, як ціна, найменування товару, виробника, функціональність, термін придатності продукту тощо. Тому двомірні штрих-коди призначені для передавання значно більшої кількості даних, ніж лінійні.

Розрізняють стекові та матричні двомірні штрихові коди [3; 4].

Стекові штрихові коди (СШК), як і лінійні, ґрунтуються на кодуванні даних з використанням ШК-елементів різної ширини і являють собою множину розташованих одна над одною послідовностей (рядків) штрихів і проміжків [3]. Кожний рядок стекових штрихових кодів фактично є лінійним штриховим кодом. Можна вважати, що стекові ШК утворюють шляхом розміщення лінійних ШК один над одним. Введення стекових ШК у систему обробки відбувається шляхом багаторазового одноосьового сканування [3].

ШК-позначка матричного штрихового коду (МШК) являє собою прямокутну інформаційну матрицю, умовно розбиту на комірки, кожна з яких може бути темною або світлою [4]. Введення матричного штрихового коду у систему обробки досягається скануванням по двох ортогональних осях. Двомірні штрихові коди за обсягом інформації у сотні разів перевищують ємність одномірних.

Розрізняють декілька способів кодування інформації за допомогою матричних штрих-кодів. Найбільш поширеними є:

1) кодування кольором (наприклад, темний колір може відповідати логічній «1», а світлий – логічному «0» у двійковому поданні вихідної інформації);

2) кодування позицією (матрицю умовно поділяють на зони, наприклад, 4 x 4 комірки, інформація кодується місцезнаходженням комірки в зоні) [7].

Двомірні штрихові коди застосовують великі інтернаціональні компанії й урядові установи багатьох країн, використовуючи їх головні переваги – високу ємність, автономність, компактність і захищеність (практично всі сучасні технології двомірних кодів, на відміну від одномірних, мають засоби корекції помилок, що гарантує більшу надійність захисту даних).

Сфери застосування двомірних ШК у зарубіжних країнах надзвичайно широкі (табл. 1 й 2).

Таблиця 1. Зарубіжний досвід застосування стекових штрихових кодів*

Назва	Характеристика	Зарубіжна практика і перспектива використання
СШК PDF417	Розроблено 1991р. фірмою "Symbol Technologies" (США). Структура коду допускає до 2000 ШК-знаків у ШК-позначці. Зазвичай ШК-позначка PDF417 займає приблизно таку ж площу, як звичайний лінійний ШК.	Використовують в армії США та інших американських державних службах. Наприклад, його наносять на особові картки персоналу для ідентифікації особи. Перспективним вважається використання PDF417 у військовій логістиці.
СШК Code49	Розроблено 1987р. у США фірмою "Intermec" для подання великого обсягу інформації за допомогою невеликої за розмірами ШК-позначки. ШК-позначка може мати від 2 до 8 рядків, відстань між рядками становить 1 модуль. Code 49 забезпечує щільність інформації 25 алфавітно-цифрових символів на 1 см ² .	Застосовується для маркування медичних інструментів та в електронній промисловості – для маркування мікросхем.
СШК Code 16K	Розроблено у 1989р. фірмою "Laserlight Systems" (США). Цей код створено на основі ШК Code 128. Максимальна щільність даних становить 32 алфавітно-цифрових символів на 1см ² або 64 цифри на 1см ² . Рядки ШК-позначки можна сканувати у будь-якому порядку. Після зчитування останнього рядка зчитувач автоматично видає інформацію в правильній послідовності.	Використовується у системі охорони здоров'я та інших галузях.
СШК Codablock	Розроблено німецькою компанією "ICS Identocode-Systeme". Ґрунтується на символіці ШК Code 39. ШК-позначка містить від 1 до 22 рядків. Кожний рядок може містити змінну кількість ШК-знаків. У кожному рядку 2 знаки виконують функцію ідентифікатора рядка, а останній рядок ШК-позначки має обов'язковий контрольний ШК-знак.	Codablock використовується німецькою донорською службою для ідентифікації проб крові.
СШК Ultracode	Розроблений компанією "Zebra Technologies", відрізняється від решти СШК тим, ШК-позначка складається із стовпців, до складу кожного з яких входить 7 комірок. Елементами ШК-позначки є вертикальні смужки різної висоти, ширина смужок до уваги не береться.	Універсальний.

* авторська плуначення, оформлене на підставі [1; 3; 4; 7].

Таблиця 2. Зарубіжний досвід застосування матричних штрих кодів*

Назва	Характеристика	Зарубіжна практика і перспективна використання
MiniCode	Являє собою квадратну матрицю розміром 15x15 квадратних комірок. ШК-позначка цього коду називається "tile" («пліткіно»). Посередній ШК-позначки може розташовуватись спеціальний маркер розміром 5x5 комірок, який використовується для позиціонування пристрою зчитування.	Розроблено спеціально для транспортульної сфери і сортування, де необхідне швидкісне сканування.
MaxiCode	МШК, розроблений 1992 р. фірмою "United Parcel Service". Часто його називають UPSCode. MaxiCode являє собою масив площини 6,45 см ² (1 квадрат), який складається з 868 з'єднаних шестигуників. У центрі ШК-позначки розташовано так зване "бічне око" (bull-eye), навколо якого розташовують 6 орієнтаційних кластерів, що дозволяє сканувати позначку незалежно від її орієнтації на площині. ШК-позначка подіє до 93 алфавітно-цифрових символів	Data Matrix застосовують для маркування кремійових пластин, хірургічних інструментів, для нанесення великих обсягів інформації на паперові документи та пластикові картки. Код дозволяє друкувати на звичайному папері дані, графіки і навіть оцифрований звук в упільненому форматі, а потім здійснити безпомилкове введення в компютер. Спочатку DataMatrix Code був спроектований для подання у машинно-прочитуваний формі текстів програм у книгах і журналах. Тому його називають також "SoftMatrix". Зараз DataMatrix Code використовують для нанесення інформації на ідентифікаційні картки.
МШК Data Matrix Datastrp Code	Розроблено фірмою "Intenational Matrix" (США) для подання великої кількості інформації на поверхні з малою площею. ШК-позначка може подавати до 300 алфавітно-цифрових символів. Є одним з перших МШК. Розробник коду – фірма "Softstrip Systems" (США). Datastrip Code являє собою матрицю, яка складається з малих чорних і білих прямокутників. Маркери на нижній і верхній сторонах використовуються зчитувачем МШК і гарантують цілісність даних. Заголовок містить детальну інформацію про закодовані дані: ім'я файлу, кількість байтів, цільність подання даних.	Code One використовують у системі охорони зброю, а також у промишловості для кодування контейнерів.
МШК CP Code	Розроблено фірмою "CP Top". ШК-позначка цього коду має вигляд квадратної матриці з L-подібним маркером, на якому розташовані синхропозначка (синхроквадрат).	Головне застосування Augu Tag – у системах стеження за кодами баркодів і ліоматеріалами під час їх переробки.
МШК Augu Tag	Розроблено 1990 р. в університеті м. Вікторія в Канаді У. Літлом. ШК-позначка може містити одну або декілька (групу) елементарних гексагональних позначок. Augu Tag дозволяє кодувати сотні символів, може зчитуватися на відстані до 50 м і пристосований до зчитування в умовах різної освітленості.	

Закінчення табл. 2

Назва	Характеристика	Застосування
Aztec Code	Розроблено 1995р. Внді Уонгаром (фірма "Welch Allum" з США). Цей код створено з метою покращення виготовлення та декодування ШК-позначок. ШК-позначка Aztec Code має квадратну форму з маркером bullseye у центрі. Найменший розмір ШК-позначки становить 15x15 модулів, а найбільший – 151x151. Найменша ШК-позначка Aztec Code кодує 13 цифр або 12 алфавітних символів, а найбільша – 3632 цифр або 3067 алфавітних символів, або 1914 байтів даних.	Азтек Code використовує коректувальний код Ріда-Соломона.
МШК DataMatrix	Розроблено фірмою "Хейох". ШК-позначка з'являється з дизайном виробу, на якому вона надрукована. На ШК-позначку можна наносити значущий текст або малюнок. Мінімальний розмір символів становить 0,25 мм. DataMatrix спільний до ушкодження ШК-позначки, оскільки в ньому використовується коректувальний код і перекодування даних.	Код використовують у поштової справі, в службі побуто та для бізнесових карток.
HueCode	Розроблено фірмою "Robot Design Associates". ШК-позначку друкують на пластикі або папері. Цільність подання інформації становить від 99 байт/см ² (у разі виготовлення ШК-позначки за допомогою лазерного принтера) до 6202 байт/см ² (при використанні спеціальних принтерів).	Використовують для подання текстової інформації на медичних картках.
МШК QR Code (Quick Response Code)	Розроблена у 1994р. японська компанія "NipponDenso ID Systems". ШК-позначка має форму квадрата. При розробці цього коду особлива увага приділялась швидкості зчитування та декодування. Швидкість зчитування – 30 етикеток на секунду (кожна ємністю 100 символів) порівняно з 3 етикетками за секунду (такої ж ємності), закодованих МШК Data Matrix або PDF417.	Технологія QR Code запроваджена на автозаводах концерну Toyota – материнської компанії фірми Denso.
ШК 3-DI	Розроблено фірмою "Lumi". Цей код використовує кругові ШК малюк розмірів.	Код призначений для ідентифікації хірургічних інструментів.
Dot Code A	Створено для ідентифікації об'єктів з відповідно малою площею поверхні, допускає низьку точність маркування. ШК-позначка має форму квадрата і складається з матриці точок розміром від 6x6 до 12x12.	Застосовується для ідентифікації лабораторного приладдя (пробірок, колб тощ), а також для маркування біланих у пральних тощ.
Snowflake Code		Snowflake Code використовують у фармацевтичній промисловості, він може наноситися на матеріал у вигляді клейкої етикетки, виготовленої за допомогою принтера, лазерного травлення, карбування або навіть перфорування матеріалу.

* авторське тлумачення, сформоване на підставі [1-4; 6; 7; 12].

Найбільш поширеними сферами застосування є логістика, промислове виробництво, технічне обслуговування, медицина та різноманітні системи безпеки, у яких необхідно ідентифікувати особу або контролювати права доступу. Серед країн, що активно використовують двомірні бар-коди у виробництві, лідирують: США, Канада, Велика Британія, Іспанія, Норвегія, Німеччина, Франція, Нідерланди, Південна Корея, Ірландія, Мексика тощо (рис. 1).

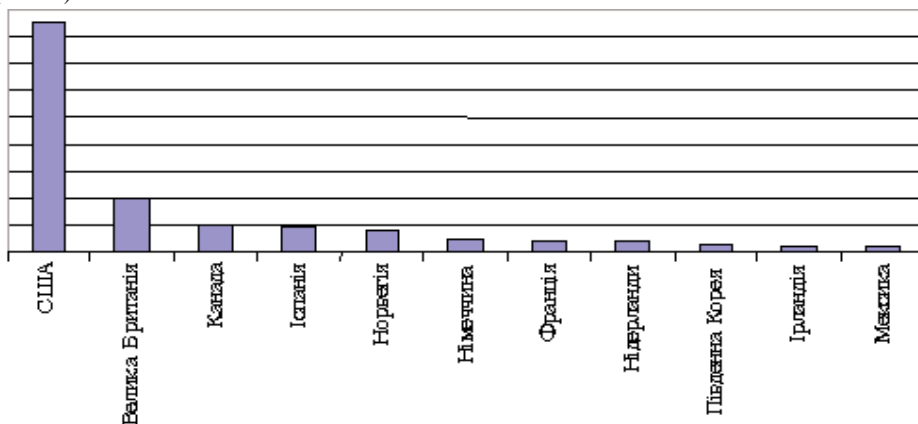


Рис. 1. Топ-10 країн світу з використання матричних штрих кодів, побудовано за даними [12]

Висновки:

1. Двомірне штрихове кодування інформації як одна з перспективних комп'ютерних технологій знаходить дедалі ширше застосування у виробничій діяльності та повсякденному житті людини. Головною перевагою цієї технології є швидке, точне і надійне введення інформації в обчислювальну систему шляхом сканування штрихкодів зображень.

2. Якщо лінійні штрихові коди через незначні обсяги інформації, яку вони подають, використовуються головним чином як ключі доступу до баз даних, що містять докладну інформацію про об'єкти управління, то двомірні штрихові коди завдяки високій щільності подання інформації, яка забезпечується двохосовим (горизонтально-вертикальним) скануванням, фактично є базами даних, у яких міститься повна інформація про об'єкти.

3. Завдяки низькій вартості виготовлення двомірних штрихкодів позначок і відносній простоті пристроїв їх зчитування штрихове кодування інформації переважає інші технології автоматичної ідентифікації і має великі перспективи.

4. Особливо перспективними є багатокольорові штрихові коди, які тільки починають розроблятися світовими лідерами у цій галузі. Запровадження багатокольорових штрихових кодів різко підвищить інформаційну щільність штрихкодів позначок.

5. Використання коректувальних кодів з високою коректувальною здатністю під час кодування інформації та їх подання у вигляді штрихкодів зображень забезпечує високу ймовірність зчитаної з ШК-позначки інформації, а

також гарантує повноту інформації у разі ушкодження частини штрихкодového зображення.

Все це дає підстави сподіватися, що штрихкодове кодування інформації набуде широкого застосування в різноманітних сферах виробничої та невиробничої діяльності людини.

1. Дичка И.А., Сулема Е.С. Защита экономической информации с применением штриховых кодов // Сборник науч. труд. Ин-та кибернетики им. В.М. Глушкова. – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН України, 1996. – С. 21–27.

2. Дичка И.А., Сулема Е.С. Повышение плотности представления информации в виде штрихового кода // Информатика, управління та обчислювальна техніка: Вісник НТУУ «КПІ». – 1998. – Вип. 31. – С. 95–99.

3. Дичка И.А., Сулема Е.С., Голуб В.И. Представление информации с помощью двумерных штриховых кодов // Праці Українського науково-дослідного інституту радіо і телебачення. – 1998. – №2. – С. 61–65.

4. Joseph, E., Pavlidis, T. (1994). Bar code waveform recognition using peaklocations. IEEE Trans. on PAMI, 16(6): 630–640.

5. Kato, H., et al. (2005). 2D barcodes for mobile phones.

6. Normand, N., et al. (1994). A two-dimensional bar code reader. ICPR, 3: 201–203.

7. Pavlidis, T., et al. (1990). Fundamentals of bar code information theory. IEEE COMPUTER, 23(4): 74–86.

8. Pavlidis, T., et al. (1992). Information encoding with two-dimensional barcodes. IEEE COMPUTER, 25(6): 18–28.

9. Shellhammer, S.J., et al. (1999). Novel signal-processing techniques in barcode scanning. IEEE Robotics & Automation Magazine, 6(1): 57–65.

10. Turin, W., Boie, R.A. (1996). Minimum discrimination information barcode decoding. 19th convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel, pp. 255–258.

11. Turin, W., Boie, R.A. (1998). Bar code recovery via EM algorithm. IEEE Trans. on PAMI, 46(2): 354–363.

12. Wang, K.Q., et al. (2005). Barcode reading from images captured by cameraphones. IEE Mobility Conference.

Стаття надійшла до редакції 22.07.2011.