



## Fotokody w eksploatacji obiektów technicznych

MAREK PISZCZEK<sup>1</sup>, ŁUKASZ MYCKA<sup>2</sup>

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki,  
<sup>1</sup>Instytut Optoelektroniki, <sup>2</sup>Instytut Systemów Elektronicznych,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

**Streszczenie.** W opracowaniu zawarto podstawowe informacje dotyczące fotokodów: Data Matrix i QR Code. Fotokody przypisane do konkretnych obiektów mogą zostać wykorzystane w różnego typu systemach informacyjnych. Systemy takie, analizując zakodowaną informację w znaku graficznym, są w stanie udostępnić użytkownikom szereg dodatkowych danych o interesujących ich obiektach. Rozwiązania tego typu mogą w znaczący sposób usprawnić funkcjonowanie dowolnego układu antropotechnicznego. Możliwy sposób zastosowania fotokodów w eksploatacji obiektów technicznych został zaprezentowany na przykładzie mobilnego systemu informacyjnego udostępnionego w typowym laboratorium elektronicznym.

**Słowa kluczowe:** fotokod, przetwarzanie obrazu, aplikacje mobilne, systemy informacyjne, sieci komputerowe

**Symbole UKD:** 004

### 1. Wstęp

Współcześnie obserwujemy lawinowy wzrost liczby różnego typu obiektów technicznych, które stają się niejednokrotnie podstawowymi narzędziami naszej pracy. Jednak to wiedza o ich stanie i działaniu warunkuje bezpieczeństwo i umiejętność posługiwania się nimi. Dlatego też informacja, a przede wszystkim dostęp do niej, stanowi jedną z podstawowych potrzeb współczesnego człowieka. Postęp w wielu dziedzinach nauki i techniki istotnie przyczynia się do rozwoju różnych technologii informacyjnych. Jednym ze sposobów zapisu informacji jest m.in. fotokod, czyli graficzne odzwierciedlenie określonych znaków poprzez kombinację ciemnych i jasnych elementów, ustaloną według przyjętych reguł budowy danego

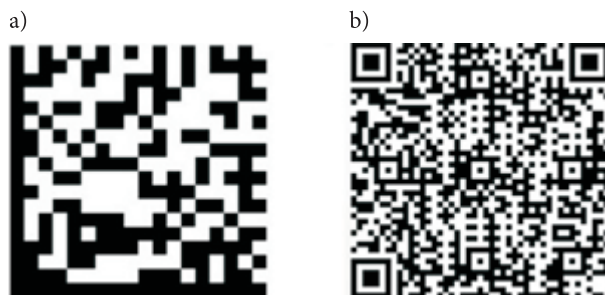
kodu. Ze względu na możliwość zapisu większej ilości danych za pomocą kodów dwuwymiarowych, coraz częściej zastępują one kody jednowymiarowe.

W fotokodzie wykorzystuje się wzór wyszukiwania pozwalający czytnikowi na odnalezienie poszczególnych miejsc w kodzie, względem których odczytywana jest pozostała jego część. W części danych oprócz samych danych umieszczone są informacje o formacie i wersji kodu oraz dane niezbędne do działania mechanizmów korekcji błędów. Najczęściej do korekcji i odzyskiwania danych wykorzystuje się algorytm Reed-Solomon [1]. Przy czym przyjęty poziom korekcji wpływa na ilość danych możliwych do zapisania przez kod o określonych wymiarach.

Niewątpliwą zaletą fotokodów jest możliwość skanowania kodu za pomocą kamer, bez potrzeby korzystania z o wiele droższych skanerów laserowych. Zastosowania fotokodów mogą być bardzo zróżnicowane, jednak cechą wspólną może być np. ich powiązanie z obiektami technicznymi. Istnienie dowolnego obiektu technicznego związane jest z fazami jego istnienia (wytwarzanie, eksploatacja, likwidacja). Szczególnie istotną rolę mogą odgrywać fotokody w fazie eksploatacji na etapach użytkowania i obsługiwanego obiektu technicznego, z czym nieodłącznie związana jest również diagnostyka. Wykorzystanie fotokodów w powiązaniu z mobilnymi systemami informacyjnymi może w znacznym stopniu usprawnić współpracę układu antropotechnicznego, jakim może być człowiek wraz z urządzeniem technicznym. W artykule zaprezentowane zostaną wybrane funkcjonalności testowego stanowiska wykorzystujące fotokody w celu usprawnienia pracy w laboratorium elektronicznym.

## 2. Rodzaje fotokodów

W literaturze można znaleźć wiele rodzajów i wersji fotokodów. Najczęściej wykorzystywanymi fotokodami przy korzystaniu z urządzeń przenośnych są Data Matrix i QR Code (ang. *Quick Response*).



Rys. 1. Przykłady fotokodów: a) Data Matrix; b) QR Code

Pierwszy z nich (rys. 1a) to dwuwymiarowy kod o dużej gęstości i zmiennej długości. Został opracowany przez firmę Acuity CiMatrix (obecnie Siemens). Istnieje wiele odmian kodu Data Matrix i każda z nich używa innych metod detekcji i korekcji błędów. Typ kodu jest identyfikowany poprzez numer występujący po nazwie „ECC” (np. ECC 140, ECC 200). Numer ten oznacza typ korekcji błędów. Najnowszym i zalecanym typem jest ECC 200. Używa on najefektywniejszych algorytmów do kodowania danych, wykrywania błędów i ich korekcji (kod Reed-Solomon). Kod Data Matrix pozwala zakodować do 3116 znaków numerycznych, 2355 alfanumerycznych, 778 znaków Kanji albo 1556 ośmiobitowych danych binarnych (bajtów) [2].

Kod QR (rys. 1b) jest kodem dwuwymiarowym opracowanym przez japońską firmę Denso-Wave w 1994 roku. Jest to kod modułarny i stałowymiarowy. Umożliwia kodowanie znaków Kanji/Kana, jak również innych symboli określonych przez użytkownika. Kod QR pozwala zakodować do 7089 znaków numerycznych, 4296 alfanumerycznych, 1817 znaków Kanji albo 2953 ośmiobitowych danych binarnych (bajtów) [2]. W sumie istnieje czterdzieści dopuszczalnych wersji (wielkości) QR-kodu. Specyfikacja dopuszcza połączenie do 16 kodów celem zapisania większej ilości informacji. Budowa kodu umożliwia jego umieszczenie i odczyt na przedmiotach szybko przemieszczających się względem skanera.

### 3. Opracowane rozwiązania wykorzystujące fotokody

W celu opracowania mobilnego systemu informacyjnego wykorzystującego fotokody zostało wykonane oprogramowanie kodująco-dekodujące wykorzystujące QR Code. Dzięki niemu istnieje możliwość syntezy znaku graficznego zawierającego dowolną informację. Jako że system przewidziany został do współpracy z wybranymi elementami sieci komputerowej — kodowana informacja zawierała odnośniki (linki) do wybranych adresów lokalnego serwera WWW (rys. 2).

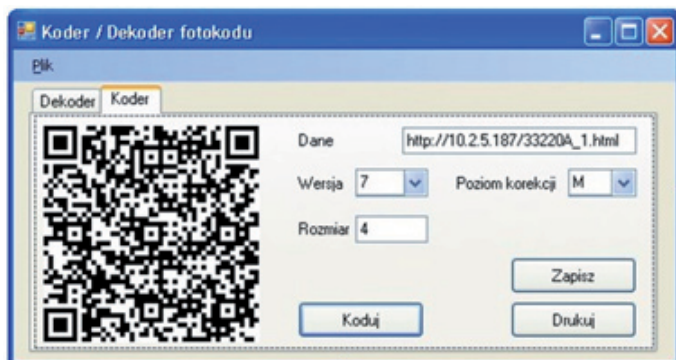


[http://10.2.5.187/33220A\\_1.html](http://10.2.5.187/33220A_1.html)

Rys. 2. Fotokod dla przyrządu pomiarowego

W oparciu o przygotowane oprogramowanie dla wybranych przyrządów pomiarowych zostały wykonane fotokody, a dzięki modułowi dekodującemu istniała możliwość weryfikacji poprawności zakodowanej informacji.

Podstawowa wersja oprogramowania została wykonana na platformie PC z wykorzystaniem języka C# (rys. 3).



Rys. 3. Oprogramowanie kodera i dekodera fotokodów na PC

Opracowana została również wersja oprogramowania dekodującego na platformę mobilną PocketPC (PDA) dla środowiska Microsoft Windows Mobile 5.0 (rys. 4).

Oprócz oprogramowania analizującego fotokody na platformie PDA, opracowano moduł do sterowania urządzeniem pomiarowym (rys. 5).



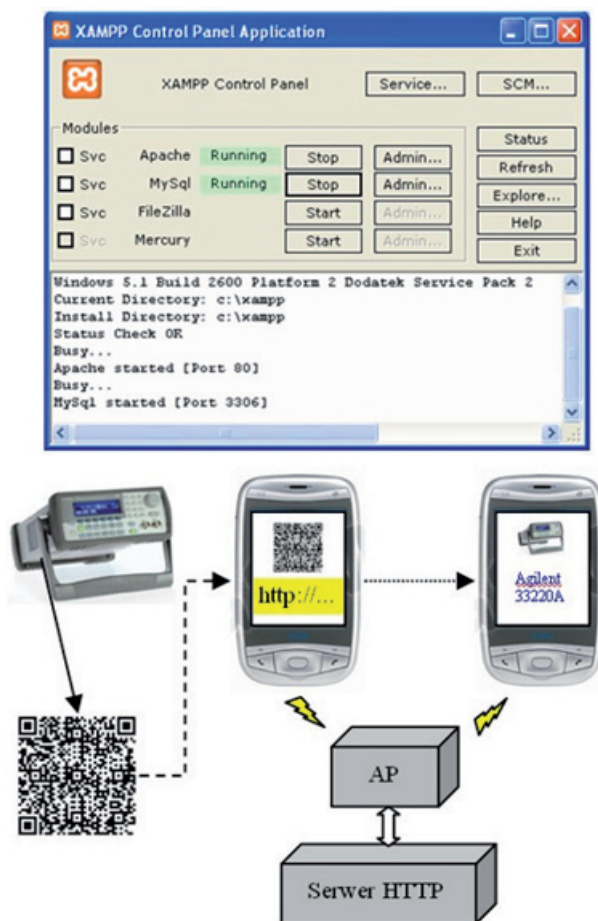
Rys. 4. Oprogramowanie dekodujące dla PocketPC



Rys. 5. Oprogramowanie dla generatora 33220A na PocketPC

Podobna aplikacja została również przygotowana na platformę desktop w celu obsługi urządzeń pomiarowych „po stronie serwera”.

Na potrzeby testowania fotokodów i współpracy z platformą PDA uruchomiony został serwer Apache, który jest jednym z najszerzej stosowanych serwerów HTTP w aplikacjach internetowych (rys. 6).



Rys. 6. Wykorzystanie serwera HTTP do współpracy z fotokodami

Serwer Apache, w połączeniu z interpreterem języka skryptowego PHP i bazą danych MySQL, stanowi jedno z najczęściej spotykanych środowisk pracy na serwerach sieciowych. W ramach projektu wykorzystano pakiet XAMPP 1.6.8 zawierający ww. elementy.

## 4. Stanowisko testowe

Stanowisko testowe zostało wykonane na bazie elementów infrastruktury Laboratorium Systemów Elektronicznych. Do opracowania systemu informacyjnego wykorzystano istniejącą w laboratorium lokalną sieć komputerową.

Kluczowe elementy systemu informacyjnego to:

1. Jednostka centralna (Intel Celeron, 2,53 GHz, 500 MB RAM) z zainstalowanym serwem HTTP — udostępniająca dane dla platformy PDA dekodującej fotokody.
2. Accespoint (AP) — WLAN SERVER ROUTER 3,5G PRO — MT4205

TABELA 1

Parametry MT4205

Parametr	Opis
WAN/LAN	10/100 Mbps, RJ45, auto MDI/MRIX
Tryby Pracy	Router/AP/Klient
Protokoły WAN	PPPoE, PPTP, StaticIP, DynamicIP, HSDPA/UMTS
WLAN	WDS/WEP/WPA/WPA-PSK/MAC Access Controll/HiddenSSID
Moc nadajnika	15 dBm
Czułość odbiornika	-83 dBm

3. Moduł mobilny PDA — QTec9100

Do testowania mobilności systemu informacyjnego wykorzystującego fotokody zostało wykorzystane urządzenie klasy PDA — QTec 9100 (rys. 7).

TABELA 2

Parametry QTec 9100

Parametr	Opis
Standard GSM	850 900 1800 1900
Wymiary (wys. × szer. × grub.)	109 × 58 × 23,7 mm
Waga	160 g
Wyświetlacz Kolorowy/TFT	— 64 k kolorów, 240 × 320 px
System operacyjny	Microsoft Windows Mobile 5.0
Procesor	TI OMAP 850
Zegar procesora	200 MHz
WiFi	v802.11 b/g
Aparat foto	1,3 Mpx /1280 × 1024 px



Rys. 7. Urządzenie przenośne PDA — QTeC 9100

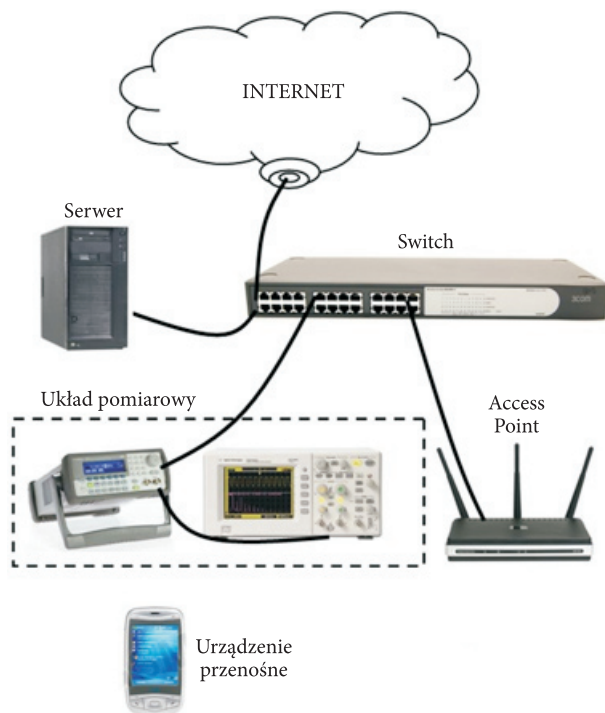
## 4. Generator funkcji/przebiegów arbitralnych — Agilent 33220A

TABELA 3

Parametry generatora 33220A [3]

Parametr	Opis
Rodzaje generowanych przebiegów	sinusoidalny, prostokąt, piłokształtny/trójkątny, impulsowy, szum, arbitralny
Modulacja	AM, FM, PM, PWM, FSK
Zakres częstotliwości	1 $\mu$ Hz÷20 MHz (sinusoidalny, prostokąt), 1 $\mu$ Hz÷200 kHz (piłokształtny/ trójkątny), 500 $\mu$ Hz÷5 MHz (impulsowy), 9 MHz (szum), 1 $\mu$ Hz÷6 MHz (arbitralny)
Amplituda	10 mV <sub>pp</sub> ÷10 V <sub>pp</sub> (50 $\Omega$ )
Czas konfiguracji dla interfejsu LAN	zmiana funkcji (fali) — 100 ms, zmiana częstotliwości — 5 ms, zmiana amplitudy — 36 ms

Strukturę systemu informacyjnego wykorzystującego fotokody w celu usprawnienia eksploatacji przyrządów pomiarowych przedstawiono na rysunku 8.

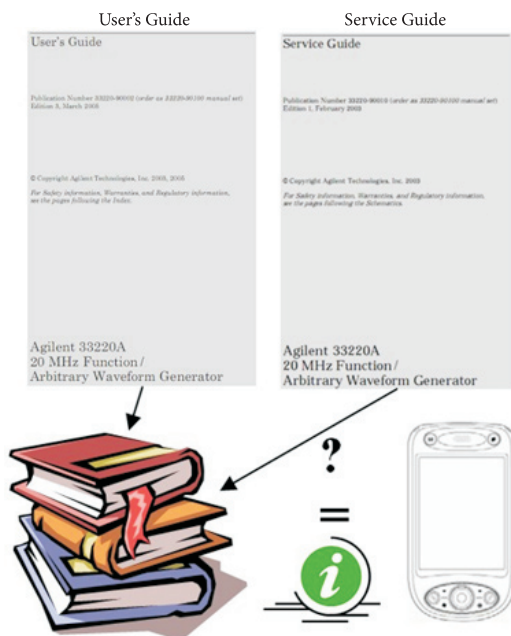


Rys. 8. Struktura systemu informacyjnego

## 5. Testowane funkcjonalności systemu informacyjnego

Szeroko rozumiana eksploatacja obiektów technicznych obejmuje szereg istotnych zagadnień, jednak w opracowaniu zwrócono uwagę tylko na wybrane aspekty, w których zdaniem autorów użycie fotokodów może znacząco usprawnić współpracę operatora z urządzeniem technicznym. Takimi obszarami mogą być np.: nabywanie umiejętności w posługiwaniu się przyrządem, diagnozowanie stanu technicznego obiektu, a nawet czynności inwentaryzacyjne związane z urządzeniem. Zazwyczaj do tego celu wykorzystywane są „papierowe” lub elektroniczne wersje podręczników (rys. 9). Przeszukiwanie książek w celu ustalenia poprawności użycia jakiejś funkcji pomiarowej, sięganie np. do elektronicznej instrukcji serwisowej urządzenia w celu ustalenia wskazywanego przez przyrząd błędu może zostać zautomatyzowane właśnie dzięki użyciu fotokodów wraz z niezbędną aplikacją sterującą.





Rys. 9. Przeszukiwanie książek w celu ustalenia poprawności użycia funkcji pomiarowej

Możliwe sposoby użycia fotokodów jako wybranych funkcjonalności mobilnego systemu informacyjnego zostały przedstawione w poniższych przykładach:

### 1. Instrukcja obsługi urządzenia

Używając fotokodów, można znacząco usprawnić przygotowanie urządzenia do pracy (np. generacja określonego typu przebiegu — generator 33220A). Tradycyjnie wymagałoby to znalezienia określonego podręcznika i odszukania w nim stosownej procedury postępowania. Używając systemu informacyjnego opartego na fotokodach, uzyskujemy natychmiastowy dostęp do tego typu danych. Mobilna aplikacja identyfikuje urządzenie, aktualny stan przyrządu i przenosi użytkownika do strony WWW z opisem danej funkcji urządzenia pomiarowego (rys. 10).

### 2. Sterowanie urządzeniem

Istnieje możliwość przejścia sterowania urządzeniem pomiarowym przez aplikację mobilną po zdekodowaniu fotokodu (rys. 11). W takiej sytuacji użytkownik nie musi konfigurować urządzeń do współpracy, gdyż automatycznie uzyskuje dostęp do dowolnej funkcjonalności urządzenia.

### 3. Obsługa błędów urządzenia

Współczesne urządzenia pomiarowe wyposażone są w funkcje komunikowania o błędach *Error Messages*. Błędy te mogą mieć różny charakter: błędy poleceń *Command Errors*, błędy wykonania *Execution Errors*, błędy zapytań *Query Errors*, błędy zależne od urządzenia *Device Dependent Errors*, *Instrument Errors*, a także



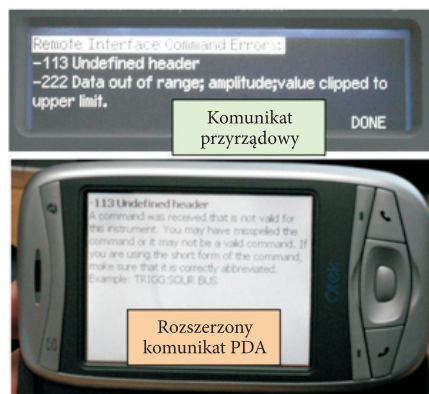
Rys. 10. Wspomaganie obsługi generatora — funkcja „burst”



Rys. 11. Sterowanie generatorem z PDA

błędy samo-testowania urządzenia *Self-Test Errors*. Niektóre z wyświetlanych komunikatów zawierają niewystarczające opisy. W związku z tym mobilna aplikacja obsługująca urządzenie jest w stanie dostarczyć szczegółowe dane dotyczące sy-

gnalizowanych błędów poprzez komunikację z serwerem, na którym zlokalizowane są tego typu dane (rys. 12).

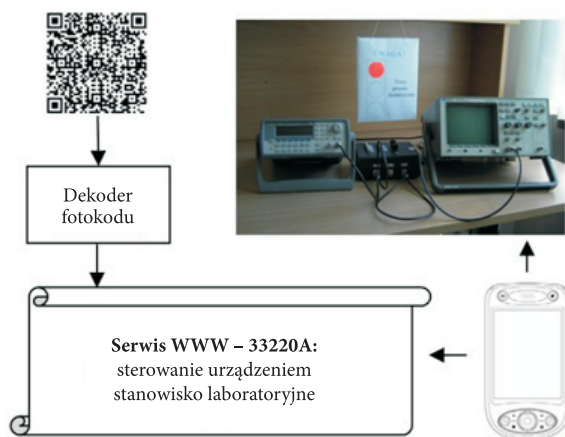


Rys. 12. Obsługa rozszerzonych komunikatów o błędach

W przypadku błędów urządzeń istnieje również możliwość wskazania podzespołów elektronicznych odpowiedzialnych za awarię przyrządu i wglądu w dokumentację serwisową.

#### 4. Katalogowanie bazy laboratoryjnej

Kolejny ciekawy obszar potencjalnego zastosowania fotokodów dotyczy katalogowania sprzętowej bazy laboratoryjnej, które może uspraw-



Rys. 13. Generator jako element stanowiska laboratoryjnego

nić pracę w laboratorium, a także stanowić nieocenioną pomoc we wszelkiego rodzaju pracach inwentaryzacyjnych. Przypisane do urządzeń znaki graficzne analizowane przez mobilne aplikacje mogą znacznie usprawnić konfigurowanie stanowisk laboratoryjnych (rys. 13) oraz weryfikowanie ich kompletności (np. przed ćwiczeniami ze studentami i po nich). Zagadnienie to jest bardzo istotne zarówno z punktu widzenia sprawności realizacji procesu dydaktycznego jak i zabezpieczenia osób odpowiedzialnych za bazę aparaturową.

## 6. Podsumowanie

Systemy informacyjne wykorzystujące m.in. fotokody rozszerzają kręgi potencjalnych zastosowań. To dzięki rozwojowi techniki obrazowej oraz „powszechnej” dostępności platform mobilnych (np. smartfon, PDA, iPhone) rozwiązania tego typu zaczynają zdobywać coraz większą popularność [4, 5]. Niezwykle cenny jest fakt, że użycie proponowanych rozwiązań nie wymaga tworzenia od podstaw nowych technologii, a jedynie przygotowania oprogramowania: aplikacji dekodującej (która może być wspólna dla wszystkich tego typu rozwiązań), serwisu WWW na lokalnym serwerze oraz wykonania fotokodów i umieszczenia ich na obiektach technicznych. Zaprezentowane rozwiązanie zastosowania fotokodów w laboratorium elektronicznym to oczywiście jeden z możliwych sposobów użycia tej „technologii”. Pozytywne skutki użycia ww. rozwiązania zaobserwowane zostały zarówno wśród pracowników laboratorium (efektywniejsze wykorzystanie i nadzorowanie bazy laboratoryjnej) jak i wśród studentów (nie umniejszając aspektu ciekawostki technicznej, rozwiązanie zapewniło łatwiejszy dostęp do danych umożliwiających obsługę urządzenia pod kątem jego wykorzystania w realizowanych ćwiczeniach laboratoryjnych). Spektrum możliwych zastosowań tego typu (mobilnego) systemu informacyjnego uzależnione jest tak naprawdę od potrzeb i pomysłowości potencjalnych jego użytkowników. Szczególnie obiecujący obszar zastosowań to przede wszystkim systemy informacji przestrzennej (SIP) [6-9], wykorzystujące technologię rozszerzonej rzeczywistości (AR — *Augmented Reality*). Usługa tego typu przewiduje generację informacji (za pośrednictwem np. lokalnego serwera) i powiązanie jej z podstawowymi bodźcami (wizyjnymi i fonicznymi) odbieranymi przez zmysły użytkownika. W odróżnieniu od systemów rzeczywistości wirtualnej (*Virtual Reality* — VR), gdzie mamy do czynienia z sztucznie wygenerowanym światem, systemy AR operują w świecie rzeczywistym, a więc udostępniane informacje w ramach usługi wzbogacać będą stan wiedzy użytkownika takiego systemu o świecie realnym. Świecie, w którym fotokody (statyczne lub dynamiczne), powiązane z obiektami, stanowią swego rodzaju „wyzwalacze” dla mobilnego systemu informacyjnego.

Artykuł wpłynął do redakcji 3.11.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w listopadzie 2009 r.

## LITERATURA

- [1] B. SKLAR, *Reed-Solomon Codes*, www.informit.com, 2002.
- [2] Denso Wave, www.denso-wave.com/qrcode/aboutqr-e.html.
- [3] Agilent Technologies, *Instrukcja obsługi Agilent 33220A*, nr 33220-90001, 2003.
- [4] E. OHBUCHI, H. HANAIZUMI, L. A. HOCK, *Barcode readers using the camera device in mobile phones*, International Conference on Cyberworlds, 2004, 260-265.
- [5] A. SUN, Y. SUN, C. LIU, *The QR-code reorganization in illegible snapshots taken by mobile phones*, ICCSA, 2007, 532-53837.
- [6] M. PISZCZEK, Ł. MYCKA, *Spatial classification of objects with using panoramic imaging*, Przegląd Elektrotechniczny 84, 5, 2008, 297-300.
- [7] M. PISZCZEK, M. LEŚNIK, *Informacja obrazowa — sposób pozyskiwania danych dla GIS*, MWK-2008 Metrologia Wspomagana Komputerowo, Waplewo, 27-30.05.2008.
- [8] M. PISZCZEK, K. RUTYNA, *Pozyskiwanie danych do systemów obrazowania informacji przestrzennej*, Elektronika, 2, 2008, 15-18.
- [9] M. PISZCZEK, Ł. MYCKA, R. RYNIĘC, K. RUTYNA, *Możliwości wykorzystania metadanych obrazowych w systemach informacji przestrzennej czasu rzeczywistego*, Roczniki geomatyki, t. 6, z. 4, 2008, 103-115.

M. PISZCZEK, Ł. MYCKA

**Matrix codes in exploitation of technical objects**

**Abstract.** The basic information concerning Data Matrix and QR Code was presented. Matrix code on objects can be used in different type of information systems. On the beginning, optoelectronic systems' analyse coded the information in a graphic sign. Then, additional textual, sound or graphic data made accessible other users. Solution of this type can, in significant way, improve functioning of any antropotechnic system. Many possible ways of the use of the matrix code in exploitation of technical objects are known. The example of mobile information system at typical electronic laboratory is presented in the article.

**Keywords:** matrix code, image processing, mobile applications, information systems, computer networks

**Universal Decimal Classification:** 004

