

Janusz SZPYTKO¹
Paweł HYLA²

DWUWYMIAROWE MATRYCOWE KODY KRESKOWE O ZMIENNEJ DŁUGOŚCI W PROCESACH IDENTYFIKACJI W TRANSPORCIE

Przedmiotem wypowiedzi są rozwiązania w zakresie reprezentowania (i gromadzenia) użytecznej dla człowieka informacji dla celów decyzyjnych przez kody graficzne. W szczególności uwagę skoncentrowano na dwuwymiarowych matrycowych kodach kreskowych o zmiennej długości. Prezentowane rozwiązania mogą być użyteczne w procesie identyfikacji przemieszczanych ładunków i środków transportowych.

TWO-DIMENSIONAL VARIABLE-LENGTH MATRIX BARCODES IN IDENTIFICATION PROCESSES IN TRANSPORTATION

The paper is focusing on solutions based on data collection and presentation processes supporting man decisions. Special attention has been paid on two-dimensional variable-length matrix barcodes. Presented solutions can be used in identification processes in transportation, both replaced loads and transport devices.

1. WSTĘP

Automatyczne odczytywanie znakowanych *produktów* (w tym maszyn i urządzeń, ich elementów i zespołów, budowli, narzędzi, innych) przyspiesza proces ich identyfikacji i podjęcia oczekiwanych działań celowych z użyciem uzyskanych informacji (zwłaszcza cyfrowych) [16]. Najpopularniejsze systemy automatycznej identyfikacji *produktów* wykorzystują fale radiowe w elektronicznym znakowaniu przy pomocy znaczników RFID (ang. *Radio Frequency Identification*) [13, 19], techniki rozpoznawania pisma typu OCR (ang. *Optical Character Recognition*) oraz kody kreskowe [3].

Kody stosowane w graficznym reprezentowaniu informacji dysponują możliwością kodowania alfanumerycznych ciągów wraz z symbolami typu *kanji* (chińskie/ japońskie litery, <http://www.kanjisite.com>) w dwóch wymiarach przy pomocy rozróżnialnych jasnych i ciemnych elementów. Kodowanie informacji przy pomocy jednorodnych

¹Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków; al. Mickiewicza 30. Tel.: +48 12 6173103, Fax.: +48 12 6173531, E-mail: szpytko@agh.edu.pl

²Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków; al. Mickiewicza 30. Tel.: +48 12 6173104, E-mail: hyla@agh.edu.pl

homogenicznych znaków graficznych (dwuwymiarowych kodów kreskowych) jest obecnie jedną z najpopularniejszych metod automatycznej identyfikacji produktów [3] i archiwizowania danych dodatkowych (towarzyszących).

Procesy identyfikacji *produktów*, postrzegania ich pod kątem wymagań jakościowych i ilościowych, a ponadto potrzeby czytania ich historii faz życia (w tym typu technicznego ciągu zdarzeń poprzedzających) mają tendencje silnie wzrostowe. Odpowiedzią na powyższe jest rozwój metod automatycznej identyfikacji i cyfrowej obróbki obrazów, popularyzacja kodów dwuwymiarowych 2D [15] i sensorów umożliwiających wizyjne techniki ich odczytu [9].

Przedmiotem wypowiedzi są rozwiązania w zakresie reprezentowania (i gromadzenia) użytecznej dla człowieka informacji dla celów decyzyjnych z użyciem wybranych kodów graficznych wykorzystywanych w technice widzenia maszynowego [4]. Prezentowane rozwiązania mogą być użyteczne w procesie identyfikacji przemieszczanych ładunków i środków transportowych.

2. DWUWYMIAROWE MATRYCOWE KODY KRESKOWE O ZMIENNEJ DŁUGOŚCI

Charakterystyczną cechą dwuwymiarowych kodów kreskowych matrycowych (ang. *2D Bar Codes*) jest duża gęstość *upakowania* informacji w funkcji wykorzystywanej powierzchni. Architektura kodów typu 2D pozwala na zapis wielokrotnie większej ilości danych w porównaniu z tradycyjnymi kodami kreskowymi (tabela 1).








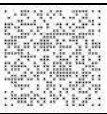
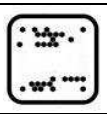

Tabela 1. Porównanie kodu 2D z kodem kreskowym [8]

	2D Data Matrix	Kod kreskowy
Pojemność informacji	4000 znaków	20 znaków
Rodzaj znaków	alfanumeryczne, kanji	alfanumeryczne
Zawartość informacji	160	1
Korekcja błędów	tak	nie
Kąt odczytu	dowolny (360°)	ustalony

Ewolucja w znakowaniu produktów z kodami typu 2D polega na włączeniu w ich obszar informacji podstawowych (typu: numer seryjny, dane producenta) wraz z informacjami towarzyszącymi, przykładowo: rozmiary produktu, data wykonania, instrukcja obsługi, ostrzeżenia, historia produktu, przeznaczenie docelowe, faktury, list przewozowy. Cechą wyróżniającą kody 2D wśród tradycyjnych kodów kreskowych jest możliwość użycia cyfrowego zapisu w postaci prostej grafiki i krótkiego dźwięku.

Wśród kodów dwuwymiarowych wyróżnia się symbolikę macierzową (punktową) i wielowierszową (kreski). Kody macierzowe wykorzystują dwuwymiarowe matryce binarne jako formę graficznego zapisu informacji w postaci dwuwymiarowych obrazów złożonych z czarno-białych kwadratów. Kody macierzowe mogą zawierać nawet do 15 tysięcy znaków na powierzchni nie przekraczającej $6,45 \text{ [cm}^2\text{]}$ (1 cal^2) [18]. Symbolika wielowierszowa przypomina architekturą kody kreskowe z bardzo krótkimi ułożonymi na sobie paskami. W tabeli 2 zaprezentowano zestawienie wybranych kodów dwuwymiarowych.

Tabela 2. Wybrane kody dwuwymiarowe

				
QR-Code	UpCode	Cool-Data-Matrix	Aztec	Trillcode
				
DataMatrix	Shotcode	mCode	Beetagg	Quickmark

Używanie standardowego kodu kreskowego (jednowymiarowego) umożliwia stosunkowo prostą budowę czytnika. Czytniki standardowych kodów kreskowych wykorzystują wiązkę światła zazwyczaj laserowego. Światło odbijane jest przez jasne elementy kodu, a pochłaniane przez elementy ciemne. Światło odbite jest zamieniane w fotodiodzie w impulsy elektryczne, które reprezentują grafikę czytanego kodu.

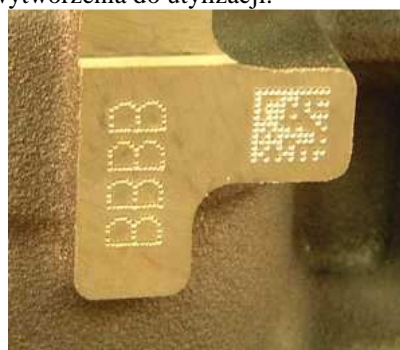
Ze względu na budowę kodów dwuwymiarowych i ich kodowanie, do celów odczytów wykorzystuje się skanery wizyjne (ang. *imagery*). W skanerach kodów dwuwymiarowych rolę fotodiody pełni matryca typu CCD (ang. *Charge Coupled Device*) lub CMOS (ang. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*).

Wadą tradycyjnych skanerów kodów dwuwymiarowych jest mały zakres kątów pod którymi możliwy jest ich odczyt oraz architektura czytnika przystosowana do najwyżej kilku rodzajów kodów dwuwymiarowych. Tradycyjne skanery wizyjne umożliwiają poprawny odczyt kodów umieszczonych na jasnym kontrastowym tle w postaci naklejki (rys. 1) lub technikami trwałego znakowania (rys. 2.). Trwałe znakowanie przedmiotu typu DPM (ang. *Direct Part Marking*) [5] jest możliwe z użyciem mikropunktowych kodów typu 2D na powierzchniach z użyciem różnych technik, przykładowo: grawerowanie laserowe [2], wyłaczanie miniaturowymi stemplami, trawienie wzorów substancjami chemicznymi [5].

Rozwój technik odczytu i znakowania z użyciem kodów umożliwił automatyzację procesu śledzenia faz życia produktu od jego wytworzenia do utylizacji.



Rys.1. Przykład znakowania produktów etykietami z kodami 2D



Rys.2. Trwale znakowanie części typu DPM kodem 2D oraz literowo

3. INTELIGENTNA KAMERA W ROLI UNIWERSALNEGO CZYTNIKA DWUWYMIAROWYCH MATRYCOWYCH KODÓW KRESKOWYCH

Widzenie maszynowe (ang. *Machine Vision*) znajduje zastosowanie w optycznych systemach kontroli jakości produktu lub/i jego identyfikacji. Podstawowym elementem systemu wizyjnego jest inteligentna kamera (ang. *Smart Camera*) odpowiedzialna za akwizycję obrazu i jego samodzielną analizę oraz wyposażona w odpowiedni interfejs komunikacyjny (rys. 3.). Zaletą kamery jest jej mobilność i łatwość stosowania w różnych zastosowaniach inżynierskich [17].



Rys.3. Inteligentna kamera SONY XCI V3 [1]

Rys.4. Pentax H614-M

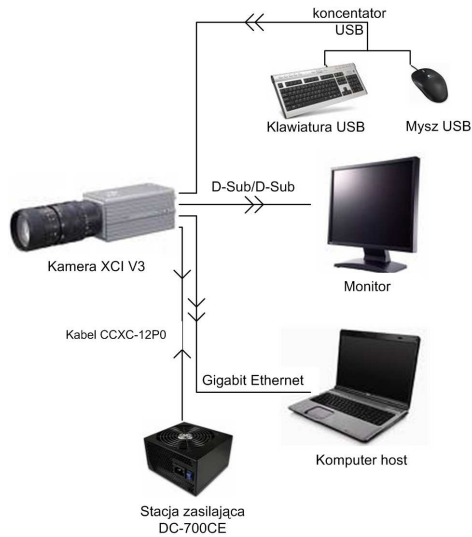
Warstwa sprzętowa systemu do odczytu dwuwymiarowych kodów kreskowych została zaprezentowana na rysunku 5, a wybrane parametry zestawiono w tabeli 3. Do odczytu kodów typu 2D wykorzystano obiektyw Pentax (rys. 4.) współpracujący z inteligentną kamerą marki Sony (rys. 3.) działającą pod kontrolą systemu operacyjnego Windows XP z zainstalowanym modułem NI Vision Builder [6]. Schemat warstwy programowej wraz z dedykowanym algorytmem zaprezentowano na rysunku 6.

Kamera posiada własny wbudowany minikomputer, a jego konfiguracja może się odbywać bezpośrednio z wykorzystaniem interfejsów typu wejście/ wyjście. Kamera posiada opcje komunikacji z komputerem zewnętrznym w kompatybilnym środowisku cyfrowym przy pomocy interfejsu typu GigE (ang. *Gigabit Ethernet*). W przedstawionym na rysunku 5 rozwiązaniu, komputer typu *host* został użyty dla celu usprawnienia procesu konfiguracji aplikacji wizyjnej w kamerze i pozyskania materiałów wideo. System w początkowej fazie użytkowania oferuje skalibrowanie, które polega na przypisaniu rzeczywistych jednostek długości na zarejestrowanych obrazach. Obrazy bez kalibracji umożliwiają ich skalowanie w pikselach.

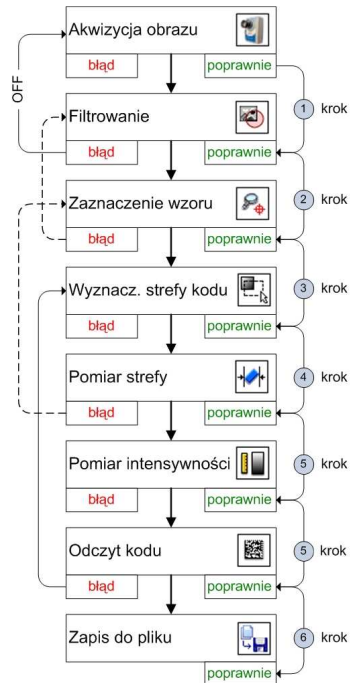
Tabela 3. Wybrane parametry kamery XCI V3 i obiektywu H614-M [7, 10]

kamera:	Sony XCI V3	obiektyw:	Pentax H614-M
	<p style="text-align: center;">SENSOR CCD typ: monochromatyczna 1/3'' rozdzielczość efektywna: 640x480 VGA</p> <p style="text-align: center;">PROCESOR typ: x86 AMD Geode GX533, 400 MHz</p> <p style="text-align: center;">PAMIĘĆ OPERACYJNA pamięć wewnętrzna: 256 MB DDR-SDRAM pamięć wymienna: Compact Flash</p> <p style="text-align: center;">INTERFACE ethernet: 100 Base-Tx/ 10 Base-T USB: 1.1 monitor out: D-sub 15 pin serial interface: RS232C</p> <p style="text-align: center;">INNE mocowanie obiektywu: C-mount odporność na przeciążenia: 70 G odporność na wstrząsy: 10 G</p>		<p style="text-align: center;">OPTYKA ogniskowa: 6 mm (+/-5 %) wskaznik przysłony: 1:1.14 przysłona: F/1.4 – F/16 kąt widzenia: - ukośny: 69,0° - poziomy: 57,4° - pionowy: 44,4° makro: 0,2 m</p>

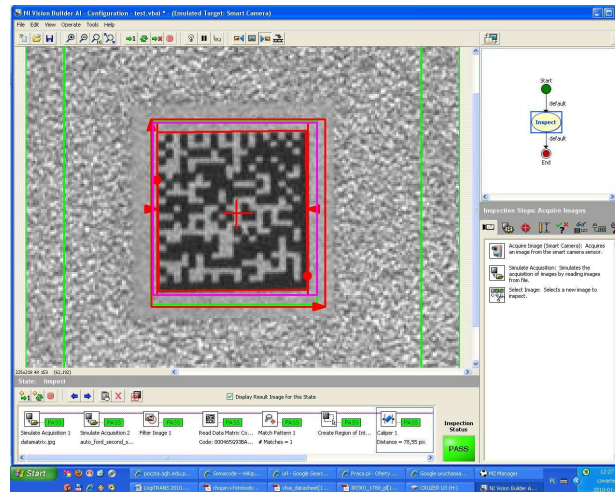
Zaletą prezentowanego systemu jest mobilność sprzętowa (dekodowanie odbywa się w kamerze), swoboda odczytu różnych kodów kreskowych z użyciem właściwego oprogramowania, w tym wzbogacone o moduł autodetekcji. Budowa kodów typu Data Matrix jest przyjazna systemom wizyjnym z uwagi na fakt, że lewy oraz dolny bok symbolu jest zawsze linia ciągłą, natomiast górny oraz prawy bok składa się na przemian z elementów czarnych oraz białych (są one wykorzystywane jako elementy referencyjne pozwalające na wykrycie kodu oraz prawidłową jego orientację w trakcie dekodowania). Na rysunku 7 przedstawiono zrzut ekranowy z aplikacji wizyjnej z pobranym zdjęciem kodu i przeprowadzonymi procedurami wykrywania krawędzi, orientowaniem w układzie x,y oraz filtracją. Istotnym problemem w znakowaniu produktów jest dysponowana na kod powierzchnia. Przykładowo znakowanie tradycyjne współczesnych procesorów oznaczeniem alfanumerycznym zajmuje około 19% ich dysponowanej powierzchni użytkowej, natomiast kody typu Data Matrix zawierające te same informacje zajmują około 2% ich powierzchni użytkowej.



Rys.5. Warstwa sprzętowa aplikacji do pozyskiwania kodu 2D przy pomocy systemu wizyjnego



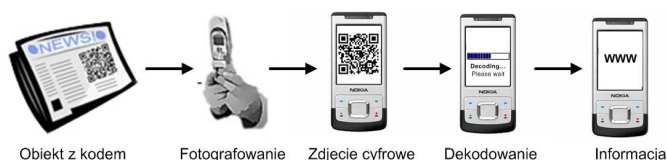
Rys.6. Warstwa programowa aplikacji do pozyskiwania kodu 2D z użyciem systemu widzenia maszynowego



Rys.7. Odczyt kodu Data Matrix (000465G93BA0012346L2P 7006 AD) naniesionego techniką DPM na produkt wykonany z metalu

4. FOTOKODY NOŚNIKIEM INFORMACJI O ZMIENNEJ DŁUGOŚCI

Rozwój komunikacji mobilnej typu GSM (ang. *Global System for Mobile Communication*) sprzyja rozwojowi elastycznie konfigurowalnych ukierunkowanych celowo funkcjonalnych systemów [20]. Realizacja takowych systemów w praktyce jest możliwa między innymi w rezultacie wyposażania dodatkowego telefonów komórkowych (zaliczanych do mobilnych) w nowe urządzenia funkcyjne, w szczególności w aparaty cyfrowe (według raportu Gartnera w roku 2006 - 460 mln sztuk, a prognozy na rok 2010 szacują tę liczbę na ponad miliard - [21]). Jakość zdjęć wykonywanych przez współczesne aparaty cyfrowe w telefonach komórkowych umożliwia ich alternatywne wykorzystanie, w szczególności jako czytnik kodów małej rozdzielczości przekazywanych następnie do odbiorcy informacji z wykorzystaniem systemu Semacode (rys. 8).

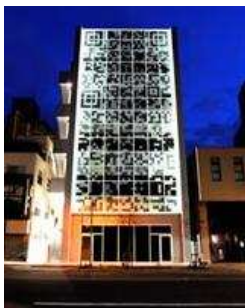


Rys.8. Schemat użycia fotokodu

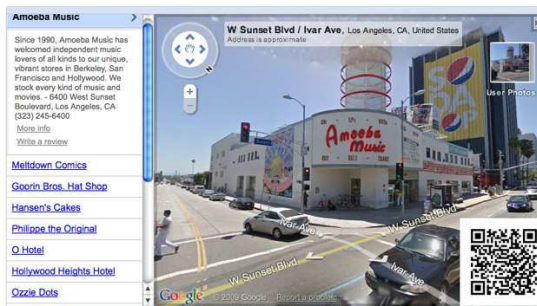
Pomysł systemu polega na oznakowaniu przedmiotów tak zwanymi semakodami z zakodowanym adresem typu URL (ang. *Uniform Resource Locator*), pod którym byłby zawarty ich opis (przykładowo: budowla, maszyna, urządzenie). Użytkownik przedmiotu w rezultacie wykonania jego zdjęcia (obrazu cyfrowego) aparatem cyfrowym i wykorzystania specjalistycznego oprogramowania i właściwości telefonu mobilnego dekoduje użyteczne informacje zapisane pod własnym adresem na komputerze sieciowym z możliwością ich prezentacji w układzie *on-line* (kierując odbiorcę na odpowiednią witrynę w sieci cyfrowej) lub *off-line* (wyświetlając oczekiwane informacje na ekranie urządzenia mobilnego).

Znane przykłady kodowania informacji z użyciem dwuwymiarowych kodów kreskowych obejmują:

- budynek na przedmieściach Tokyo, który udziela różnych informacji (zależnie od pory roku) przy pomocy projekcji świetlnych na fasadzie budynku kodujących informacje kodem QR (rys. 9),
- usługa firmy Google pod nazwą: *Google favorite place* – ulubione miejsca Google (rys. 10) wykorzystująca matrycowe kody kreskowe [11]. Pilotowa wersja polega na oznaczeniu wybranych lokali naklejkami z kodami QR udostępniającymi użytkownikom informacje na temat danego obiektu (przykładowo: godziny otwarcia, formy płatności, opinie gości) przy pomocy fotokodu,
- cele promocyjne: w Warszawie z okazji dwusetnych urodzin Fryderyka Chopin'a pod koniec 2009 roku ustawiono piętnaście *multimedialnych* ławek pozwalających *ściągnąć* przy pomocy fotokodu z sieci *www* wybrane utwory Chopina i informacje o jego twórczości [14].



Rys.9. Fasada Budynku N



Rys.10. Google favorite place z kodem QR

5. DWUWYMIAROWE MATRYCOWE KODY KRESKOWE W ZNAKOWANIU KONTENRÓW

Istotnym zagadnieniem w terminalach przeładunkowych typu kontenerowego jest proces identyfikacji kontenerów na składowisku, najczęściej są one wyposażone w numer rejestracyjny oraz tabliczkę znamionową. Ze względu na fakt, że kontener jest urządzeniem wielokrotnego użytku [12] i jest narażony na oddziaływanie szkodliwych warunków atmosferycznych, poprawne i kompletne odczytywanie oznakowania może być utrudnione w praktyce (rys. 11).



Rys.11. Tabliczka znamionowa kontenera pokryta produktami korozji

Konieczność zapewnienia jednoznaczności procesu automatycznej identyfikacji jednostek kontenerowych wymusza wprowadzenie nadmiarowych oznaczeń. Stosowanie przykładowo wyłącznie identyfikacji radiowej typu RFID może okazać się niewystarczające z uwagi na możliwe interferencje sygnału lub jego słabość (w przypadku kontenerów zestawionych w blokach i kilku warstwach ich piętrzenia). Przykład nadmiarowości informacyjnej przedstawiono na przykładzie tabliczki kontenera (rys. 12), gdzie dodatkowo zastosowano kody dwuwymiarowe typu QR (tabela 2).



Rys.12. Koncepcja rozmieszczenia elementów kodu QR na tabliczce znamionowej kontenera

Możliwym rozwiązaniem w identyfikacji ładunków i środków transportu mogą być oznakowania semakodami z zakodowanym adresem typu URL, pod którym byłyby zawarte między innymi ich: specyfikacja, dane techniczne, historia procesu eksploatacji i inne użyteczne informacje.

6. UWAGI KOŃCOWE

Możliwość kodowania dużych ilości informacji na ograniczonej powierzchni przedmiotów jest możliwe z użyciem kodów dwuwymiarowych (2D). Znajdują one istotne zastosowanie w kontroli jakości w procesach przemysłowych technikami wizyjnymi.

Obecnie w transporcie kody dwuwymiarowe są wykorzystywane jedynie w systemach zarządzania dokumentacją spedycyjną przemieszczanych ładunków (w szerszym znaczeniu - przedmiot). Możliwość nanoszenia kodu bezpośrednio na znakowany przedmiot i doskonalenie technik odczytu kodów utworzonych technikami typu DPM jest alternatywą dla tradycyjnych tabliczek tekstowych przypisanych do przedmiotów oraz znaczników typu RFID.

W artykule przedstawiono metodę wykorzystania systemu widzenia maszynowego wraz z architekturą sprzętowo-programową ukierunkowaną na odczyt i weryfikację dwuwymiarowych matrycowych kodów kreskowych w zastosowaniach specjalnych oraz koncepcję wykorzystania dwuwymiarowych kodów do oznaczeń kontenerowych tabliczek znamionowych jako alternatywę dla tradycyjnych systemów weryfikacji typu OCR, a ponadto oznakowanie kontenerów semakodami z zakodowanym adresem typu URL.

Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę jako projekt badawczy w latach 2008 - 2011

BIBLIOGRAFIA

- [1] Belbachir A.N. (Ed.): *Smart Cameras*. Springer, 2009 (ISBN 978-1-4419-0952-7).
- [2] Dumont T., Lippert T., Wokaun A., Leyvraz P.: *Laser writing of 2D data matrices in glass*. Thin Solid Films, vol. 453, pp. 42–45, 2004.

- [3] Hałas E. (red.): *Kody kreskowe Rodzaje Standardy Sprzęt Zastosowania*. Instytut Logistyki, ILiM, 2000 (ISBN 83-87344-60-5)
- [4] Hornberg A. (ed): *Handbook of Machine Vision*. WILEY-VCH Verlag, Darmstadt, 2006 (ISBN 978-3-527-40584-8).
- [5] Microscan: *Direct Part Mark Solutions - Review of Direct Part Marking Methods*. Microscan Systems Inc., pp.1-4, 2009.
- [6] National Instruments: *Vision Builder for Automated Inspection*. No 372060A-01, September, 2006.
- [7] Pentax CSSD: *Specification information*. H614-M spec., 3 pages, 3191608-S001-0000-B12, 2007.
- [8] Sabreen S.R.: *Laser Marking and Machine Vision Codes for Product Security & Traceability*. Plastics Decorating Magazine, January-February 2008.
- [9] Soloman S.: *Sensors Handbook*. McGraw-Hill Professional, New York, 2009 (ISBN 978-0-07-180570-0).
- [10] Sony: *Image Sensing solutions*. Machine Vision Catalogue 2007, 48 pages, 2007.
- [11] Sterling G.: *Google Creates Local Favorite Places, Connects Online And Offline with Mobile Barcodes On SMB Window Decals*. Search Engine Land, 2009.
- [12] Szpytko J., Hyla P., Chodacki J.: *Rozwój urzędzeń do obsługi kontenerowej jednostki ładunkowej*. Zeszyty Naukowe nr 12, s.157-158, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2009.
- [13] Szpytko J.: *Kształtowanie procesu eksploatacji środków transportu bliskiego*. ITE, Kraków-Radom, 2004 (ISBN 83-7204-370-1).
- [14] Tech-automatyka - serwis branżowy: logistyka, magazynowanie, identyfikacja: *Chopin i fotokody*. Październik, 2009 (<http://tech-automatyka.pl>).
- [15] Wang T.J., Sze T.W.: *The image moment method for the limited range CT image reconstruction and pattern recognition*. Pattern Recognition, vol. 34, pp. 2145-2154, 2001.
- [16] Wartenberg N., Snyder S.: *Introduction to bar codes for the automated laboratory*. JALA tutorial, pp. 51-58, 2003.
- [17] Wawerek Z.: *Machine vision, widzenie maszynowe albo...*. Pomiar Automatyka Robotyka, nr 4, s. 6-7, 2008.
- [18] Youssef S.M., Salem R.M.: *Automated barcode recognition for smart identification and inspection automation*. Expert Systems with Applications: An International Journal, Vol. 33, Issue 4, pp. 969-977, 2007 (ISSN:0957-4174).
- [19] Zhang Y., Yang L.T., Chen J.: *RFID and sensor networks Architectures, Protocols, Security, and Integration*. CRC Press, Boca Raton, 2009 (ISBN 978-1-4200-7777-3).
- [20] EC: *Interoperability Framework for Pan-European e-Government Services*, European Commission, 2004 (<http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc?id=19528>).
- [21] Gartner: *Gartner Perspective: IT spending 2010* (<http://www.slideshare.net/rsink/gartner-report-it-spending-2010>)