

## **STRUKTURA WEWNĘTRZNA OBRAZOWEJ BAZY DANYCH**

**Tatiana Jaworska**

Instytut Badań Systemowych, Polska Akademia Nauk,  
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa,

W artykule skoncentrowano się na prezentacji wewnętrznej konstrukcji bazy danych dla obrazowej bazy nieruchomości. Część dotyczącą przetwarzania obrazów zasygnalizowano w zakresie niezbędnym do zrozumienia prezentowanej struktury. Standardowe metody projektowania bazy danych w systemie Oracle 10g zostały wykorzystane do stworzenia bazy służącej do przechowywania i wyszukiwania obrazów domów. Dokładny opis obejmuje część bazodanową oraz przepływ danych pomiędzy systemem Oracle i Matlab, w którym to systemie wykonywane jest wstępne przetwarzanie obrazu, jak też porównywanie i wyszukiwanie obrazów zgodnych z zapytaniem użytkownika.

### 1. Wprowadzenie

Zalew obrazami cyfrowymi postępuje lawinowo wraz z rozwojem coraz szybszych i pojemniejszych łącz internetowych co powoduje konieczność ich magazynowania w bazach danych, przetwarzania, rozpoznawania i wyszukiwania. Coraz częściej powstają duże multimedialne bazy danych. Bazy te różnią się między sobą w zależności od rodzaju przechowywanych obrazów i celów do jakich mają służyć. Inaczej będzie zatem konstruowana baza obrazów dla galerii i muzeów, a zupełnie inaczej, jeśli będzie to system informacji geograficznej (GIS) lub kolekcja zdjęć satelitarnych do celów geologicznych lub prognoz pogody. Jeszcze inne mechanizmy przeszukiwania będą wykorzystywane w policyjnych bazach odcisków palców i zdjęć twarzy przestępców, a inne przy obrazach kosmosu dla astronomów.

Dotychczas powstające bazy obrazowe ograniczały się jedynie do rozpoznawania rodzaju obrazu, czy jest to dom, pies, czy samolot (Ogle, 1995). Następnie, kiedy użytkownik takiej bazy zadawał pytanie do systemu np. o łąkę z żółto-pomarańczowymi kwiatami, system wybierał jeden lub kilka obrazów o podobnym kolorowym histogramie (Flickner, 1995). W niektórych bazach istnieje nawet interfejs graficzny do zadawania pytań, czyli możliwość naszkicowania interesującego użytkownika kształtu lub podania kształtu przykładowego. Można też podać obraz o interesującym użytkownika histogramie kolorów i wtedy nastąpi przeszukanie bazy w celu znalezienia obrazów o analogicznym rozkładzie kolorów.

Nowsze prace z tej dziedziny prezentuje opracowanie pod redakcją S. Deba, ale ciągle są to bazy wyszukujące obrazy według jednej-dwóch cech pierwotnych charakterystycznych dla całych obrazów określonego typu (Deb, 2004). Próbuje się też dołączać pewną semantykę do obiektów wyszukiwanych w tych bazach.

Celem budowanego przez nas systemu jest wspomaganie klientów szukających odpowiedniego dla nich, a istniejącego już domu na podstawie zdjęć posiadanych przez agencje nieruchomości. Nie jest natomiast celem (na razie) stworzenie systemu komercyjnego, mieszczącego wszystkie informacje na temat nieruchomości takie jak: cena, metraż, położenie, itp. Zakładamy jednak, że w miarę rozwoju tego systemu struktura bazy danych umożliwi dodanie informacji wymaganych przez konkretną agencję. Na obecnym etapie system służy do testowania określonych algorytmów ukierunkowanych na wyszukiwanie obrazów.

System obejmuje wyszukiwanie obrazu na podstawie poszczególnych jego elementów architektonicznych zgodnie z graficznym zapytaniem użytkownika. W multimedialnym interfejsie systemu pokazują się poszczególne elementy uporządkowane w określone kategorie (oddzielnie dachy, okna, drzwi, itp.), z których użytkownik może, jak z puzzli ułożyć, swój dom. System uwzględnia nie tylko cechy pierwotne, ale też lokalizację poszczególnych elementów względem siebie. Na cały system składają się trzy podstawowe bloki:

- blok przetwarzający obraz (dokonujący segmentacji obrazu), napisany w Matlabie,
- baza danych, pod kontrolą systemu Oracle, przechowująca informacje o całych obrazach, o ich segmentach (zwanym przez nas obiektami) oraz ich atrybutach, jak też o lokalizacji obiektów,
- graficzny interfejs użytkownika dostępny poprzez przeglądarkę WWW.

## 2. Całkowita struktura obrazowej bazy danych

W naszym projekcie wykorzystywane są kolorowe fotografie domów jednorodzinnych pobrane z Internetu w formacie JPEG. Mechanizmy analizy obrazu są zaimplementowane za pomocą pakietu MatLab (wersja 2008a) ze wspomaganiami następujących ToolBoxów: Image Processing, Fuzzy, Statistics, Wavelet i Data Base. Baza danych została przygotowana z użyciem Oracle Designera wersja 6i i zrealizowana w Oracle'u wersja 10g, natomiast interfejs użytkownika stanowi strona WWW, generowana przez skrypt napisany w Perlu.

Każdy nowy obraz dołączany do bazy przechodzi obróbkę wstępną, na Rys. 1 przedstawioną w segmencie analizy zawartości obrazu jako selekcja cech. W ramach tego przygotowania wydzielane są wszystkie interesujące nas elementy architektoniczne (takie jak okna, drzwi, dachy, itp.) oraz oddzielane są one od otoczenia. W sytuacji, w której kolorowe obrazy domów są pobierane z Internetu i ich wstępna obróbka jest prowadzona w sposób nienadzorowany, kluczowym zagadnieniem staje się takie wyekstrahowanie obiektów z obrazu, żeby nie trzeba było ingerować w dalsze etapy włączania tych obrazów do bazy danych. W tym celu stosujemy dwu-etapową segmentację umożliwiającą dokładne wydzielenie interesujących nas obiektów z obrazu. W pierwszym etapie obraz jest dzielony na pojedyncze kolorowe warstwy RGB według trzech poziomów jasności. W drugim etapie z poszczególnych warstw wydziela się już pojedyncze obiekty, które odpowiadają elementom architektonicznym domów. Dla każdego obiektu (rozumia-



### Rys. 1. Ogólny schemat obrazowej bazy danych

nego jako fragment całego obrazu) wyznaczane są następujące cechy pierwotne: powierzchnia, kolor, momenty bezwładności, środek ciężkości, mimośród, parametry tekstury, itp. Algorytmy segmentacji i wyznaczania obiektów oraz wyznaczania parametrów tekstury obiektów są szczegółowo opisane w Jaworska (2007). Po wyznaczeniu wszystkich cech pierwotnych obiektów i ich cech logicznych (np. sąsiedztwa) następuje dołączenie obiektów do bazy.

Aby z tak utworzonej bazy obrazowej mogli korzystać użytkownicy wprowadzony został „Graficzny interfejs użytkownika” (Rys. 1), który jest podstawowym narzędziem do zadawania zapytań do bazy. Musi mieć on zatem możliwość łatwego pokazania użytkownikowi o jakie cechy może zapytać. Musi też istnieć możliwość wyboru (np. a użyciem suwaka) koloru, kształtu, tekstury, lub typu szukanego elementu, jego atrybutów, oraz wskazanie lokalizacji wybranych obiektów na konturach domów, itp.

Odpowiedzią na graficzne zapytanie użytkownika jest pojedynczy obraz, lub zbiór obrazów, który jest wynikiem przeszukiwania bazy. To, na ile ten obraz spełnia oczekiwania użytkownika szacowane jest w następnym module, wskazanym na Rys. 1, jako „Moduł dopasowania obrazów”. Stosuje on odpowiednie miary podobieństwa obrazów, które również bazują na cechach obrazów wyznaczonych w procesie obróbki wstępnej.

## 3. Struktura wewnętrzna bazy danych

### 3.1 Informacje wstępne

Relacyjna baza danych (RDB) to baza, w której dane z punktu widzenia użytkownika przechowywane są w tabelach. Tabele z kolei składają się wierszy, odpowiadających krotkom, i kolumn, odpowiadających atrybutom. Można połączyć dwie lub więcej tabel poprzez klucze obce, czyli zbiory atrybutów. Powyższy opis dotyczy struktury logicznej. Natomiast na poziomie fizycznym system może korzystać z typowych struktur przechowywania danych. Relacyjne bazy danych są łatwe w użyciu i od wielu lat stanowią dominujące rozwiązanie komercyjne (Date, 1982, 2000). Baza danych wymaga też systemu zarządzania (DBMS). Większość systemów zarządzania bazą danych wykonuje następujące funkcje:

- przechowuje dane,
- tworzy i utrzymuje struktury danych,
- umożliwia równoczesny dostęp wielu użytkownikom,
- wprowadza mechanizmy bezpieczeństwa i prywatności,
- umożliwia wydobywanie i operowanie na przechowywanych danych,
- umożliwia wprowadzanie i ładowanie danych,
- udostępnia wydajny mechanizm indeksowania pozwalający na szybkie wydobywanie wybranych danych.

Jeśli chodzi o dane to w ostatnich latach poza danymi tekstowymi i liczbowymi, w bazach danych coraz częściej przechowywane są zdjęcia, obrazy oraz filmy, a także

informacje geograficzne o logicznej strukturze danych rozumianej jako obiekty przestrzenne (Austine, 1998).

W naszym przypadku spośród wielu dostępnych na rynku systemów zarządzania bazą danych wybraliśmy produkt firmy Oracle. Podstawą tej decyzji były wszechstronne możliwości Oracle'a jeśli chodzi o obsługę dużych baz danych zawierających dane multimedialne oraz dane przestrzenne (zapis topologii), co w przypadku naszego systemu jest niezbędne.

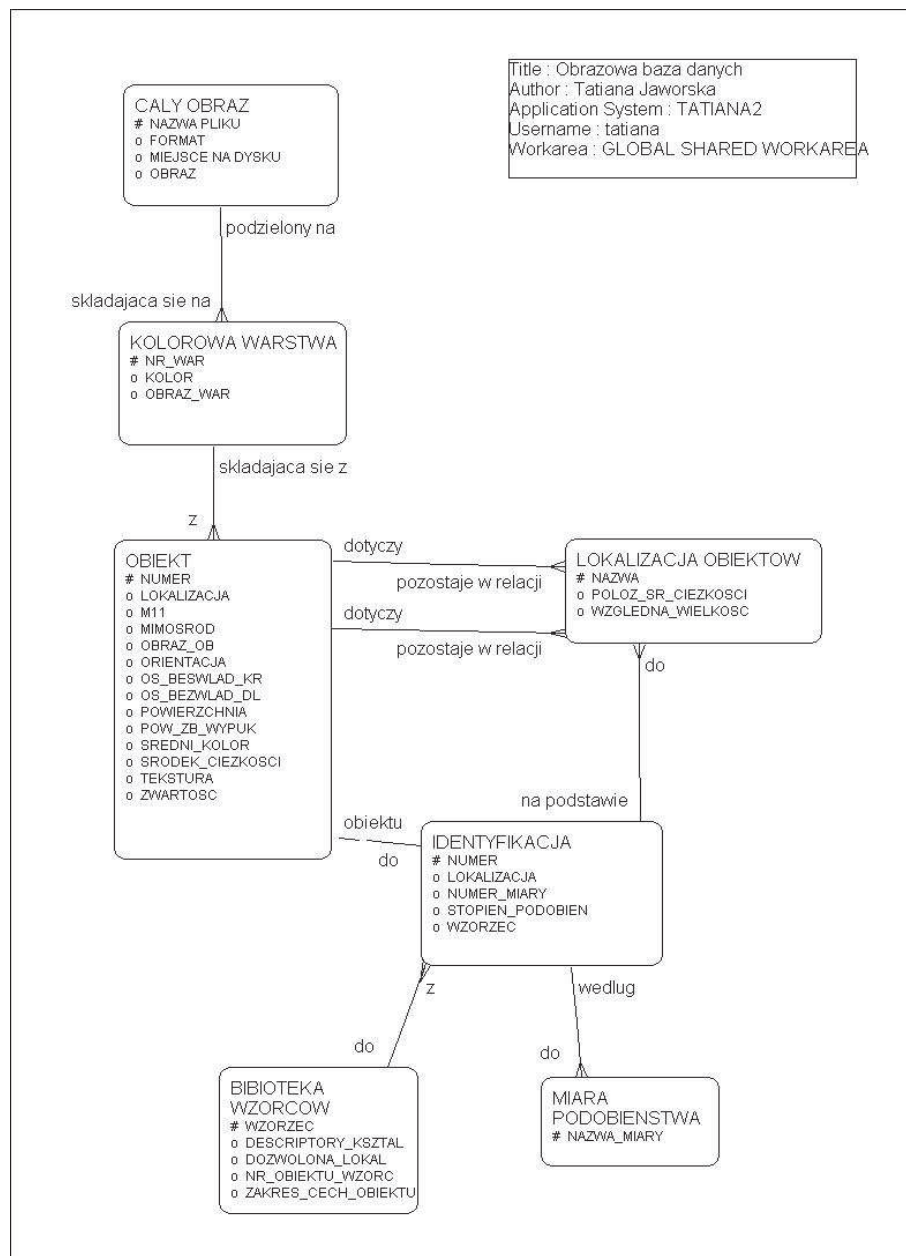
Wszystkie etapy projektowania bazy danych były wykonywane w Designerze Oracle'a 6i (WWW). Dla zamodelowania struktury danych używaliśmy modelera związków encji. Pojęcie encji zostało pierwotnie zaproponowane przez Chena (Chen, 1976) (ERD - entity-relationship diagram). Obecnie jest używane w trochę zmodyfikowanej formie, ale ogólnie przyjmuje się, że jest to element/obiekt, który „można jednoznacznie zidentyfikować”, natomiast związek jest połączeniem pomiędzy encjami. W niniejszym artykule będziemy używać pojęcia encja (bez wprowadzania całej terminologii dotyczącej typów i podtypów encji), natomiast obiekt oznacza w naszym przypadku obiekt graficzny, czyli fragment obrazu otrzymany w wyniku segmentacji.

Rozpoznanie potrzeb niezbędnych do stworzenia bazy było w tym wypadku łatwe, ponieważ wiadomo było jakie dane wejściowe otrzymuje się z systemu przetwarzania obrazu i jakie dane będą jeszcze niezbędne w procesie przeszukiwania i dopasowania obrazów do potrzeb potencjalnego użytkownika (Barker, 1996, 2005).

#### □ Struktura wewnętrzna obrazowej bazy danych

W przypadku obrazowej bazy danych kluczową informacją jest obraz. Zatem w encji nazwanej CALY OBRAZ przechowywane są informacje o nazwie pliku z obrazem, jego formacie, miejscu przechowywania na dysku i cały obraz w formie graficznej (BLOB). Cały schemat związków encji pokazano na Rys. 2. Zgodnie z algorytmem segmentacji obraz jest dzielony na kolorowe warstwy, więc następną encją jest KOLOROWA WARSTWA, w której przechowywana jest informacja o numerze warstwy, jej kolorze oraz obraz warstwy (BLOB). Związek między powyższymi encjami jest 1-do- $n$ . Encją o największej liczbie atrybutów jest encja OBIEKT zawierająca informacje o parametrach obiektów graficznych wydzielonych z poszczególnych kolorowych warstw. Należą do nich: numer obiektu, moment bezwładności, średni kolor, lokalizacja, orientacja, mimośród, osie bezwładności, powierzchnia, obraz obiektu, powierzchnia zbioru wypukłego, parametry tekstury, środek ciężkości oraz zwartość. Jeśli okaże się, że do identyfikacji obiektu niezbędna będzie większa liczba parametrów, to liczba atrybutów tej encji zostanie rozszerzona w łatwy sposób, ponieważ Matlab udostępnia 24 cechy rastrowego obiektu graficznego.

Kolejna encja jest poświęcona lokalizacji obiektów względem siebie.

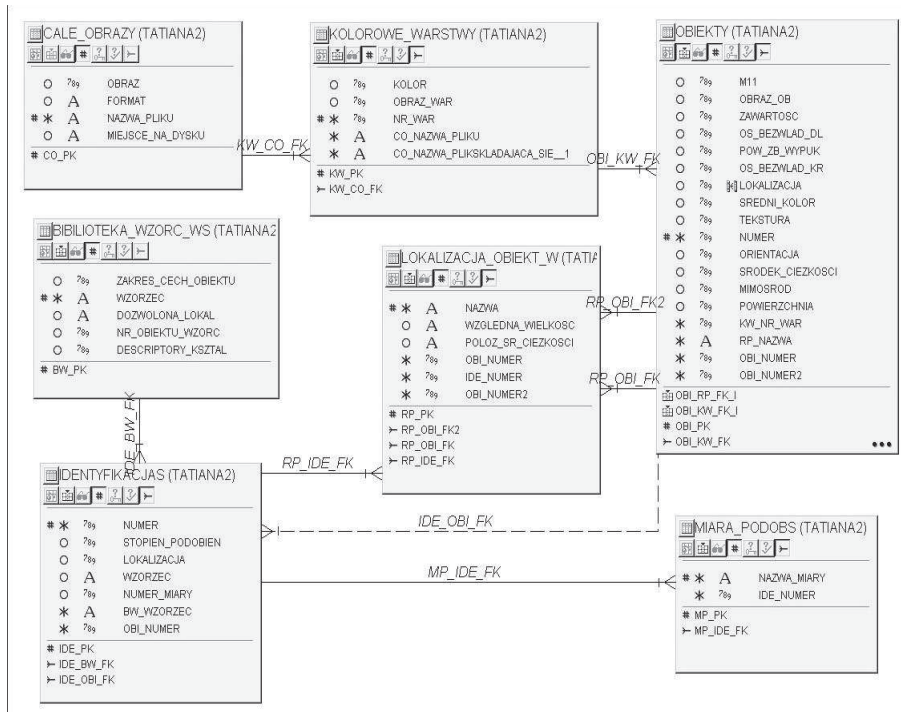


Rys. 2. Obrazowa baza danych - schemat związków encji (ERD - entity-relationship diagram).

Encja LOKALIZACJA OBIEKTOW zawiera informacje o położeniu środków ciężkości dwóch obiektów względem siebie, dlatego encja ta jest połączona

Struktura wewnętrzna obrazowej bazy danych

dwukrotnie z encją OBIEKTY, ale też jest połączona z encją IDENTYFIKACJA. Ta z kolei służy do identyfikacji obiektów na podstawie ich parametrów i lokalizacji oraz na podstawie porównywania z biblioteką wzorców. Związek pomiędzy encjami OBIEKT i IDENTYFIKACJA jest typu 1-do-1, ponieważ musi być to jednoznaczna identyfikacja obiektu z jego wzorcem. Przez identyfikację obiektu rozumiemy przypisanie do obiektu graficznego składającego się ze zbioru pikseli, np. kwadratu czy prostokąta nazwy wzorca. Wzorcami natomiast są nazwy elementów architektonicznych, tak jak operuje nimi użytkownik, czyli używając pojęć okno, drzwi, itp. Porównanie obiektu ze wzorcem jest dokonywane na podstawie miary podobieństwa. Mamy więc dodatkowe dwie encje BIBLIOTEKA WZORCOW i MIARA PODOBIENSTWA. W encji BIBLIOTEKA WZORCOW są przechowywane informacje dotyczące typu wzorca, deskryptorów kształtu obiektu, dozwolonej lokalizacji obiektu i zakresu przewidzianych wartości parametrów dla danego obiektu. Natomiast encja MIARA PODOBIENSTWA ma jako atrybut jedynie nazwy miar, które będą wykorzystywane do obliczania w programie Matlab stopnia podobieństwa obiektu do wzorca oraz podobieństwa poszukiwanego obiektu z zapytania użytkownika do istniejących w bazie rekordów.



Rys. 3. Model dla serwera bazy danych Oracle 10g

Schematu związków encji przekształcany jest automatycznie na diagram bazy danych Oracle 10g widoczny na Rys. 3. W pokazanych tabelach są dodatkowo

widoczne identyfikatory oraz klucze zewnętrzne dodane przez transformer Oracle'a. Baza danych o tym schemacie została wygenerowana i wstępnie wypełniona danymi wyliczonymi przez program Matlab.

### 3.3 Przepływ informacji wewnątrz obrazowej bazy danych

Część operacji w systemie obrazowej bazy danych traktowanym jako całość może być wykonywana po stronie Oracle'a, a część obliczeń jest implementowana w Matlabie (i jego toolboxach). W związku z tym wymaga wyjaśnienia przepływu danych pomiędzy oprogramowaniem Oracle i Matlab, zilustrowany na Rys. 4. Nowe obrazy do umieszczenia w bazie są pobierane z internetu. Jak to już wspomniano, cała segmentacja obrazu do postaci obiektów graficznych jest wykonywana przez pakiet Matlab wer. 2008a wraz z toolboxami takimi jak: Image Processing Toolbox, Wavelet Toolbox i Statistics Toolbox. Matlab jest połączony z Oraclem poprzez interfejs dostarczony przez Data Base Toolbox. Całe obrazy oraz ich segmenty, jak też informacja o cechach obiektów jest przechowywana w tabelach bazy oraclowej. Z tych tabel niezbędna informacja jest przekazywana ponownie do Matlabu w celu dokonania identyfikacji obiektów, a informacja o obiektach już zidentyfikowanych jest również przechowywana w bazie danych.

Rys. 4 pokazuje też blok „Graficzny interfejs użytkownika”, opracowany w postaci strony WWW. Obsługuje on graficzne zapytanie użytkownika, a po przeszukaniu bazy prezentuje otrzymane wyniki. W związku z tym łączy się on zarówno z Oraclem jak i z Matlabem. Do matlabowego modułu dopasowania obrazów wysyłane są obrazy będące zapytaniem użytkownika, a całe obrazy wyszukane przez Oracle'a, będące odpowiedzią na to zapytanie, są przekazywane użytkownikowi. Moduł dopasowania obrazu przy pomocy odpowiednio dobranych miar porównania i funkcji jakości wybiera w sposób wielokryterialny parametry obrazów najbliższe zapytaniu użytkownika. Następnie wysyła swoje wyniki do Oracle'a w formie zbiorów parametrów, według których następuje wyszukanie kilku obrazów najlepiej spełniających zapytanie użytkownika.

Obecnie trwają prace nad przygotowaniem automatycznego przekazywania dużej ilości danych z Matlabu do Oracle'a przy pomocy odpowiednio do naszych potrzeb zmodyfikowanego Visual Query Buildera (VQB) oferowanego przez Data Base Toolbox. Zapewni on możliwość wypełniania bazy danych bez ingerencji operatora oraz pobierania danych z tabel oraclowych do Matlabu w przypadku zapytań użytkowników. VQB pozwala na dostęp ze strony Matlabu do danych zawartych w tabelach Oracle'a. W chwili obecnej zapewniony jest dostęp do tych tabel, ale bez automatycznego przekazywania danych w obie strony.





automatycznie, bez pomocy człowieka nawet w trudniejszych przypadkach, należało stworzyć bazę danych do przechowywania informacji o obrazach i ich segmentach. Problemy techniczne dotyczyły współpracy Matlab'a i Oracle'a, ponieważ poza samą różnicą między aplikacjami w tworzonej konfiguracji trzeba było jeszcze pokonać różnice między systemami operacyjnymi, gdyż Matlab pracuje w środowisku Windows XP, a Oracle w środowisku UNIX. Następnym problemem, który jest w trakcie rozwiązywania jest komunikacja obu systemów z serwerem WWW. Zatem niezależnie od budowy odpowiednich aplikacji w każdym z tych środowisk, trzeba dodatkowo cały czas dbać o ich wzajemną współpracę.

Po wypełnieniu bazy danych informacjami o obrazach i ich obiektach nastąpi następny bardzo ważny etap prac, czyli odpowiednie dobranie wzorców obiektów architektonicznych. Jest to o tyle istotne, że w przypadku źle dobranych parametrów wzorca okno może być rozpoznane jako szklane drzwi itp. Jest to tym trudniejsze, że identyfikacja obiektów, podobnie jak segmentacja obrazów, ma być procesem w pełni automatycznym. Dlatego właśnie informacja uzyskana z analizy obrazów „przechodzi” do modułu dopasowania obrazów w Matlabie (rys.4), gdzie są implementowane algorytmy sztucznej inteligencji i „soft computing”. Wszystko to po to, aby użytkownik otrzymał odpowiedź bliższą sposobowi rozumowania człowieka. Ludzie od razu przypisują desygnaty postrzeganym obiektom. Jeśli widzimy obiekt trójkątny to zostanie on częściej zaklasyfikowany jako dach, a okrągły i ciemny jako okno. Taka właśnie głębsza analiza semantyczna jest planowana w najbliższej przyszłości. Dopiero wykonanie tych wszystkich etapów umożliwi stworzenie docelowej obrazowej bazy danych w pełnym znaczeniu tego słowa.

#### Literatura

- Austin D. (1998) *Poznaj Oracle 8*. Mikom, Warszawa.
- Barker R. (2005) *Modelowanie związków encji*. Case Method. WNT, Warszawa.
- Barker R., Longman C. (1996) *Modelowanie funkcji i procesów*. Case Method. WNT, Warszawa.
- Chen Pin-Shan P. (1976) Entity-relationships model – Toward a Unified View of Data. W: *ACM Transactions on Database Systems*, **1**, 1, 9-36.
- Date C.J. (2000) *Wprowadzenie do systemów baz danych*, WNT, Warszawa.
- Date C.J. (1982) *An Introduction to Database Systems*. Vol. I, Addison-Wesley Pub. Co., IV wyd. Amsterdam.
- Deb S. (2004) *Multimedia Systems and Content-Based Image Retrieval*. IDEA Group Publishing, Melbourne.
- Flickner M., Sawhney H. et al. (1995) Query by Image and Video Content: The QBIC System. *IEEE Computer*, **28**, 9, 23-32.
- Jaworska T. (2007) Object extraction as a basic process for content-based image retrieval (CBIR) system. *Opto-Electronics Review*, **15**, 4, 184-195.
- Jaworska T., Partyka A. (2006) *Obrazowe bazy danych*. Raport Badawczy RB/45/2006, IBS PAN.
- Ogle V., Stonebraker M. (1995) CHABOT: Retrieval from a Relational Database of Images, *IEEE Computer*, **28**, 9, 40-48.
- <http://www.oracle.com>