

Artur Janowski
Jakub Szulwic

INTERAKTYWNA AKWIZYCJA OPRACOWAŃ FOTOGRAMETRYCZNYCH.

Streszczenie

Referat traktuje o autorskich rozwiązaniach zastosowanych w programowaniu aplikacji internetowych umożliwiających udostępnianie opracowań fotogrametrycznych. System jest przykładem akwizycji materiałów fotogrametrycznych znajdujących się w dzisiejszym zasobie geodezyjnym. Przedstawione są przede wszystkim zasady budowania i funkcjonowania rastrowych opracowań fotogrametrycznych wspartych na nowej koncepcji nazwanej strukturą LMC w połączeniu z semantycznymi bazami danych funkcjonujących na podstawie teorii technologii geoinformacyjnej przy wykorzystaniu reguły identyfikacji w środowisku Internetu.

1. Fotogrametria i GIS a Internet: nowe oblicze systemu

Nieprzypadkowo decydujemy się opisać technologiczną stronę udostępniania produktów fotogrametrycznych w rozległych sieciach komputerowych (w tym Internecie) ze szczególnym uwzględnieniem roli tych produktów w powstających projektach WWW-GIS. Połączenie fotogrametrii i możliwości sieciowej akwizycji jej produktów umożliwia pozyskiwanie pełnego spektrum informacji przynależnych nowoczesnemu GIS: z uwzględnieniem tak części obrazowo-kartograficznej jak i opisowo-semantycznej.

Oczywiście nie możemy przyznawać w niniejszym opracowaniu wyłączności tej technologii, ale spróbujemy dowieść, że technologia geoinformacyjna w połączeniu z Internetem staje się najważniejszą formą budowania i udostępniania zaawansowanego GIS wspartego na produktach fotogrametrycznych. Dostępna literatura częstokroć wykorzystuje założenia, które zdążyły się zdezaktualizować w starciu z osiągnięciami współczesnej techniki informatyczno-komputerowej. I chociaż tworzone przez nas studium problemowe nie wyczerpuje tematu, stanowi jednak głos w dyskusji nad przyszłościową koncepcją fotogrametrycznego WWW-GIS.

2. Technologia geoinformacyjna



Rys. 1. Zależność, bez której nie możemy mówić o GIS.

System informacji przestrzennej jako zbiór procedur łączących w sobie możliwość pracy z udziałem rozproszonych baz danych obejmujących informacje dotyczące dowolnie określonego wycinka przestrzeni jest strukturą szczególnie przydatną przy uruchamianiu WWW-GIS, szczególnie z wykorzystaniem materiałów fotogrametrycznych.

Bazy opisowo-semantyczne wykorzystamy poprzez stosowanie reguł identyfikacji na styku z bazą obrazowo-kartograficzną. Reguły te będą zależne od sposobu wewnętrznego uporządkowania baz danych.

Można założyć, iż docelowo posłużymy się bazami obiektowymi [OBD], które w ogólnym przypadku przewyższają inne rodzaje struktur gromadzących zasoby informacji. Współczesny etap rozwoju OBD nie pozwala jednak na skomplikowane działania na tych bazach. Dlatego postanowiliśmy posłużyć się także bazami relacyjnymi. Przygotowując naszą koncepcję do przyszłościowych możliwości wprowadziliśmy orientację obiektową w bazach danych, ze szczególnym uwzględnieniem osnowy obrazowo-kartograficznej.

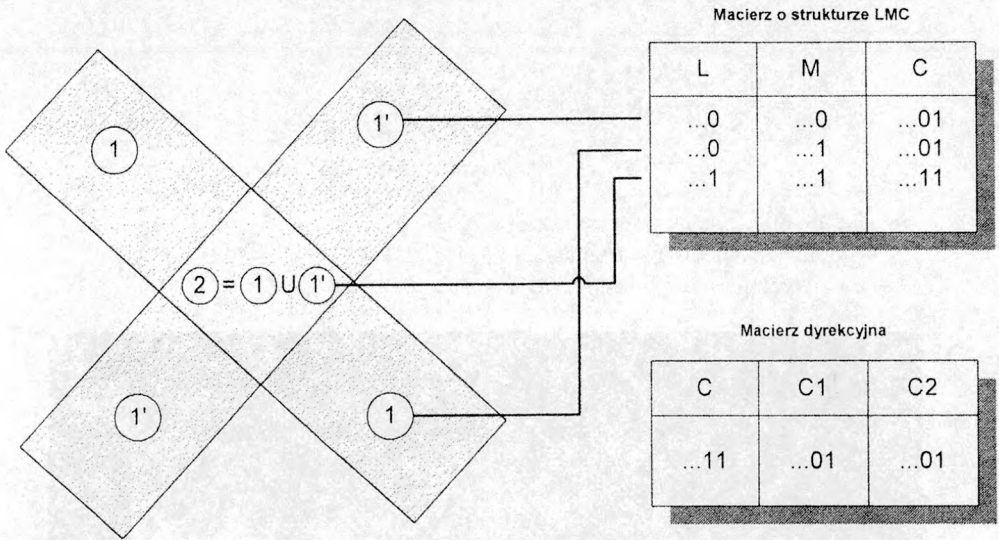
3. Struktura LMC w pojęciu obiektowym

U podstawy naszego rozumowania leży możliwość oddzielenia wizualizacji obiektów prezentowanej odbiorcy od kompozycji obiektów dostępnej dla analizy komputerowej przy jednoczesnym nakładaniu się tych dwóch studiów obrazowych [Gajderowicz I., Janowski A., Żarnowski A., 2000]. Analizując dostępne struktury plików komputerowych stanęliśmy w obliczu braku zadowalającego rozwiązania. Realizujemy w tym projekcie założenie, że (ortofoto-) mapa zostaje sklasyfikowana nie tyle w kategorii głównego źródła informacji, lecz staje się środkiem (interfejsem) dla zasadniczych poszukiwań. Jako przykład wizualizacji dla potrzeb użytkownika udostępniłmy w Internecie ortofotomapę wykonaną w Katedrze Fotogrametrii i Teledetekcji UWM Olsztyn. Warstwą niewidoczną, dostępną na poziomie analizy komputerowej, jest kompozycja o strukturze nazwanej przez nas LMC – Logical Management of Classes (rozumiane jako logiczne zarządzanie klasami obiektów).

Strukturę zasadniczą tworzy *macierz LMC* liczb całkowitych złożona z trzech kolumn L, M oraz C o dynamicznie zmiennej reprezentacji bitowej zależnej od liczby obiektów, związków logicznych lub działań zarządzających składających się na kompozycję.

W strukturze LMC kolumna C odpowiada za bezpośrednie przyporządkowanie klasy obiektu, przy czym przyjmujemy, że klasa jest jednakowa dla obiektów tego samego typ (np. drogi określonego rodzaju należą do tej samej klasy). Kolumna M jest wykorzystywana do zarządzania klasami oraz odpowiada za analizy związane z badaniem podstawowej spójności zbiorów. Kolumna L jest przeznaczona do analizy logicznej zbiorów pikseli, a swe

podstawowe zadanie spełnia wraz z **macierzą dyrekcyjną** przy wskazywaniu pikseli należących do różnych klas (obiektów). W macierzy dyrekcyjnej zapisane są związki pomiędzy skorelowanymi obiektami. W celu zachowania identyfikacji poszczególnych obiektów każdemu elementowi posiadającemu zapis w kolumnie C przyporządkowany zostaje **jednoznaczny środek ciężkości** wyliczany aktywnie wprost z kompozycji i przechowywany w automodyfikowalnej **tabeli identyfikacyjnej**.



Rys. 2. Przykład zależności między dwoma obiektami tej samej klasy.

Środek ciężkości obiektu zostaje dynamicznie wyliczony w chwili wskazania piksela w strukturze LMC – system dysponuje wówczas współrzędnymi piksela oraz jego charakterystyką LMC. Do zliczenia (wypełnienia) figur płaskich można wykorzystać jedną z wielu metod np. algorytm Shmidh’a [Jankowski M., 1990], którego tu nie przytaczamy. Istotnym jest jednak zaznaczenie, że w celu wyznaczenia środka ciężkości następuje zliczenie wszystkich pikseli należących do spójnego zbioru pikseli, przy czym logiczna spójność zbioru jest identyfikowana w kolejności odczytu kolumn struktury: najpierw C, następnie L i na końcu M. W uproszczeniu (wg rys. 2.) można przyjąć, że zbiory 1 i 2 tworzą jeden zbiór spójny, gdyż macierz dyrekcyjna pozwala na traktowanie zbioru 2 jako logiczną sumę m.in. zbioru 1, a kolumny parametru M są w wypadku zbioru 1 i 2 identyczne (tu z wartością 1). Natomiast nie tworzą jednego spójnego zbioru zbiory 1 i 1', gdyż każdy z tych zbiorów otrzymał odmienne oznaczenie w kolumnie M – odpowiedzialnej za zarządzanie strukturą klas, a macierz dyrekcyjna nie zawiera zapisu o przynależności zbiorów 1 i 1' do jednego zbioru spójnego poza obszarem zbioru 2. Tak więc poprawnie jako spójny zostanie zidentyfikowany jeden (na rys. 2. prostokątny) obiekt. Podobnie analiza spójności będzie przebiegała po wskazaniu piksela należącego do zbioru 1' – w tym wypadku zbiór 1 i 1' nie utworzą zbioru spójnego, gdyż zbiory 1 i 1' posiadają znowu odmienne oznaczenie w kolumnie M przy jednoczesnym braku zgody na przynależność do zbioru spójnego ze strony macierzy dyrekcyjnej; zbiór 2 wraz ze zbiorem 1' utworzą zbiór spójny, gdyż stosowny zapis znajduje się w macierzy dyrekcyjnej. Kiedy spójność zostanie już stwierdzona, znana stanie się także

powierzchnia (w jednostkach pikselowych) wskazanego obiektu oraz określone zostaną momenty statyczne S_x i S_y powierzchni zajmowanej przez obiekt.

Ogólne wzory dla wyznaczenia środka ciężkości obiektu $O(X_0, Y_0)$ mają postać:

$$X_0 = \frac{\int_A x \, odA}{A} = \frac{S_y}{A} \quad (1)$$

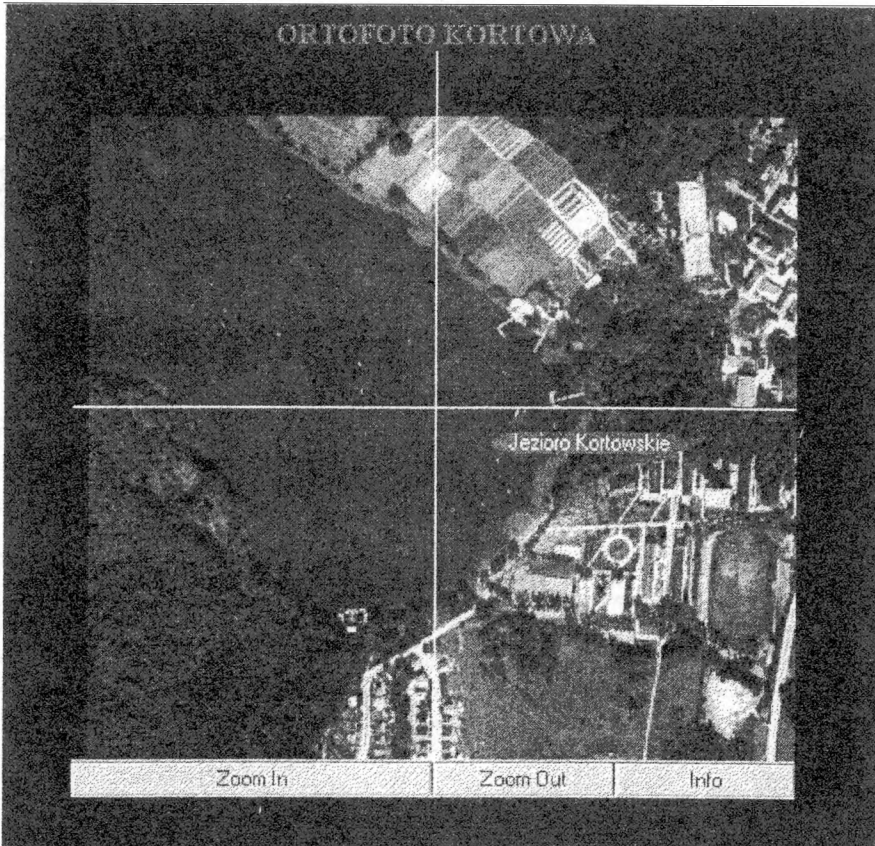
$$Y_0 = \frac{\int_A y \, odA}{A} = \frac{S_x}{A} \quad (2)$$

gdzie

S_x – moment statyczny figury płaskiej względem osi X,

S_y - moment statyczny figury płaskiej względem osi Y,

A – powierzchnia figury płaskiej [Kwiatkowski J., 1969].



Rys. 3. Wizualizacja po stronie użytkownika – ortofotomapa Kortowa wraz z wynikiem poszukiwań („Jezioro Kortowskie”) w niewidocznej dla Internauty strukturze LMC.

Mając na uwadze, że zbiór pikseli jest zbiorem ciągłym, ale indeksowanym dyskretnie, uznajemy:

$$S_y = \sum_{i,j \in I} (x_{ij} - 0,5) \cdot P_{ij} \quad (3)$$

$$S_x = \sum_{i,j \in I} (y_{ij} - 0,5) \cdot P_{ij} \quad \text{gdzie } I = \{i, j; p_{ij} \in A\} \quad (4)$$

ale, że $P = 1$ (jako pole powierzchni pikseli) po uproszczeniu i podstawieniu otrzymujemy

$$X_0 = \frac{\sum_{i,j \in I} (x - 0,5)}{A} \quad (5)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i,j \in I} (y - 0,5)}{A} \quad \text{gdzie } I = \{i, j; p_{ij} \in A\} \quad (6)$$

czyli współrzędne środków ciężkości obiektów, które zapisane zostaną w dynamicznej (ulegającej automodyfikacji powiązanej z ewentualną restrukturyzacją modelu LMC) tabeli identyfikacji.

Realizowana przez nas koncepcja LMC spełnia definicję obiektowości. Podstawowym pojęciem obiektowej bazy danych jest obiekt, który określa konkretny przedmiot czy zjawisko (byt), charakteryzowany przez atrybuty i tryby zachowania się obiektu wobec zachodzących w jego otoczeniu lub wobec niego zjawisk. Bezpośredni opis obiektu stanowi klasę, która jest zbiorem obiektów o jednakowej strukturze wewnętrznej. O obiektowym modelu danych możemy mówić wówczas, kiedy zostaną wykorzystane cechy obiektowości (pojęcie klasy i obiektów klasy, enkapsulacja, mechanizm identyfikacji obiektów, dziedziczenie, przeciążenie funkcji i późne wiązanie. Wskazane cechy, (dla przedstawionego wyżej przykładu z wyłączeniem przeciążenia funkcji), znajdują odzwierciedlenie w koncepcji struktury LMC. Szczególne znaczenie zostało przez nas przypisane mechanizmowi dziedziczenia, w którego założeniu nowe klasy (podklasy) tworzone są z już istniejących klas, a reguła dziedziczenia korzysta ze związków bezpośrednich, kiedy struktury danych i metody są przenoszone do podklasy bez zmian lub z transformacji pośredniej, gdy struktury danych i metody poddawane są przetworzeniu przed ich przekazaniem klasie dziedziczącej. Charakterystyka ta jest komplanarna z definicją dziedziczenia obiektowego (Amirbekian V., 1998, Szulwic J., 1998). Efektem końcowym jest jednak nie tylko analiza obiektowa, ale także odwołanie się jednoznacznie zidentyfikowanego obiektu do zasobu relacyjnych baz danych opisujących poszczególne obiekty. Dzięki takiemu hybrydowemu rozwiązaniu zyskujemy swobodę w koncepcji budowania internetowego GIS, uzależniając lokalizację definicji zjawiska lub cechy w części relacyjnej bądź obiektowej systemu od możliwości efektywności zapisu i swobody pozyskania odpowiedzi.

4. Baza opisowo-semantyczna jako element zarządzający modyfikacją LMC

W toku kolejnych doświadczeń przewidujemy możliwość modyfikacji LMC wprost z danych wygenerowanych w odpowiedziach dla użytkownika, które uzyskuje się z przygotowanej bazy danych semantycznych wzbogaconych o informacje pozyskane nt. obiektów zapisanych w strukturze LMC. Jako przykładem posłużyliśmy się charakterystyką i lokalizacją gospodarstw agroturystycznych na terenie Borów Tucholskich. Dzięki ograniczonej do około 60 liczbie gospodarstw otrzymaliśmy zbiór łatwo poddający się modyfikacji z jednoczesnym bogatym zasobem informacji obiektowych dających możliwość budowania teoretycznej strony LMC w oparciu o praktyczne zastosowanie. Użytkownik wykorzystując formularz, w którym przewidziane zostały ściśle określone zasady formułowania zapytania, złoży pytanie wprost do struktury LMC (zakres analizy topologicznej) i bazy semantycznej (zakres informacji opisowej).

The image shows a screenshot of a web-based form with multiple rows of input fields. Each row represents a different attribute of a farm or accommodation. The fields include:

- liczba pokoi: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- liczba miejsc: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- dostępność w miesiącach: radio buttons for months I through XII.
- samodzielna łazienka: radio buttons for 'tak', 'nie', and 'nieistotne'.
- kuchnia: radio buttons for 'tak', 'nie', and 'nieistotne'.
- oddzielne wejście: radio buttons for 'tak', 'nie', and 'nieistotne'.
- wyposażenie: radio buttons for 'pełne', 'podstawowe', 'brak', and 'nieistotne'.
- zapewnienie przez gospodarcy: radio buttons for 'śniadania', 'obiady', 'kolacje', 'brak', and 'nieistotne'.
- restauracja: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- basen zewnętrzny: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- obłogi: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- stół przytulny: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- prywatny PKB: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- stacja PKB: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- parking: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- pomoc mechaniczna: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- woda: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- łazienka: dropdown menu with 'nieistotne' selected.
- zbiornik wodny: radio buttons for 'jedyn', 'brak', 'stary', 'brak', and 'nieistotne'.
- ogrzewanie: radio buttons for 'gas', 'węgiel', 'drewno', 'kaj', 'gaz', 'słońce', 'elektryczność', 'kaj', 'kaj', and 'inne'.
- wyposażenie: radio buttons for 'tak', 'nie', and 'nieistotne'.

Rys. 4. Formularz internetowy umożliwiający złożenie zapytania do bazy semantycznej wzbogaconej o informację ze struktury LMC.

Zabieg ten w połączeniu z analizą topologiczną modelu pozwoli wygenerować odpowiedź z uwzględnieniem lokalizacji przestrzennej dowolnego gospodarstwa wraz z informacją opisową o konkretnej ofercie agroturystycznej. Efektem połączenia analizy topologicznej LMC i informacji semantycznych będzie uporządkowanie obiektów turystycznych w zależności od stopnia spełnienia oczekiwań użytkownika Internetu. Informacja taka zostanie przetłumaczona na strukturę LMC w taki sposób, że każde gospodarstwo jako obiekt zapisany w standardzie LMC otrzyma odpowiedni argument

w kolumnie M. Ostatecznie zostanie wygenerowany zmodyfikowany zbiór LMC, który z racji cyfrowego zapisu łatwo może zostać przetłumaczony na formę wizualną – możliwą do zrozumienia przez turystę.

Struktura LMC została przygotowana także dla jednoznacznej identyfikacji modeli jednoobektowych rozłącznych oraz różnoobektowych modeli z quasi wspólnym środkiem ciężkości.

5. Koncepcja ewolucji LMC

Obecnie prowadzimy dalsze badania nad możliwościami wykorzystania struktury LMC. W jednej z modyfikacji wprowadzona została specjalna grupa obiektów (scharakteryzowana w zapisie struktury bitowej jako $L=0, M=(...)1, C=0$), dla której nie tylko przewidziano możliwość dynamicznej rozbudowy struktury bitowej w czasie pracy (co jest cechą także ogólnego modelu LMC); obiekty z tą specyficzną charakterystyką bitową zachowują szerokość w przedziale od 1 do 3 pikseli niezależnie od skalowania obszaru objętego LMC, przez co mogą być używane tak jako granice poszczególnych obiektów bez utraty ciągłości (spójności), jak i realizują automatyczną transformację modeli wektorowych na zapis LMC łączący w sobie cechy rastrowo-wektorowe. Wstępne analizy wykazują również dobrą przydatność zapisu LMC do analiz odległości (bliskości), przylegania i sąsiedztwa obiektów dzięki umożliwieniu realizacji wewnątrzstrukturalnej analizy topologicznej modelu LMC.

Na dzień dzisiejszy największym problem wydaje się być akceptacja nowej struktury zapisu cyfrowego przez dostępne narzędzia wizualizacji, a przez to prezentacja akceptowalna dla zmysłów użytkownika. Trwają jednak badania i analizy, które niebawem powinny przynieść również rozwiązanie tej ostatecznej trudności. Niewątpliwie jednak jest szansa na ujęcie opracowań fotogrametrycznych w nowe narzędzia wsparte na technologii LMC.

Literatura

1. Amirbekian V., 1998, <http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~vahe/>
2. Gajderowicz Idzi, 1999, *Kartografia matematyczna dla geodetów*, Wydawnictwo ART Olsztyn, Olsztyn
3. Gajderowicz Idzi, Janowski Artur, Żarnowski Aleksander, 2000, *Tendencje rozwojowe Systemów Informacji Geograficznej związane z opracowaniem WWW-SIG*, Systemy Informacji Przestrzennej - X konferencja naukowo-techniczna, Warszawa – Zegrze
4. Jankowski Michał, 1990, *Elementy grafiki komputerowej*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa
5. Kwiatkowski Józef, 1969, *Statystyka ogólna*, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa
6. Sikorski Kazimierz, Żarnowski Aleksander, 1998, *Создание компьютерных карт для кадастровых систем*, ZN PRz, Rzeszów

7. Stan Morain and Shirley López (Editors), 1996, *Raster Imagery in Geographic Information Systems*, OnWord Press, Santa Fe, USA
8. Szulwić Jakub, *Analiza efektywności wykorzystania MicroStation™ i OKSE '97 do budowy GIS – technologia geoinformacyjna w GIS drogą do nowej koncepcji przestrzennej*, 1998, praca magisterska pod kierownictwem prof. dra hab. Kazimierza Sikorskiego oraz dra Aleksandra Żarnowskiego, ART Olsztyn
9. Żarnowski Aleksander, 1999, *Uwagi o mapach komputerowych*, Sympozjum PTFiT nt. Opracowania Cyfrowe w Fotogrametrii, Teledetekcji i GIS, Mierki 16-17 września 1999, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji Vol. 9, Wydawnictwo UWM Olsztyn, Olsztyn

Recenzował: prof. dr hab. inż. Józef Jachimski