

Geodezja - jej nauczanie i wykorzystywanie w gospodarce
ISBN 83-909379-7-2 str. 107-115

dr inż. Artur Janowski
dr inż. Jakub Szulwic

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Politechnika Gdańska, Politechnika Koszalińska

**KONCEPCJA ANALIZY GEOINFORMACYJNEJ
OBRAZÓW RASTROWYCH
W ROZWIĄZANIACH FOTOGRAMETRYCZNYCH**

THE CONCEPT OF GEO-INFORMATION ANALYSIS OF
PHOTOGRAMMETRIC PICTURES

Streszczenie

W artykule przedstawione zostały postępy badań nad realizowaną przez autorów artykułu własną koncepcją analizy geoinformacyjnej rastrów, w tym szczególnie obrazów fotogrametrycznych. Zaprezentowano koncepcję oraz funkcje systemu umożliwiającego prezentację informacji związanej z obiektami zidentyfikowanymi na obrazie cyfrowym. Koncepcja zakłada możliwość udostępniania danych w Internecie oraz w rozwiązaniach stanowiskowych wykorzystujących raster jako środowisko do poszukiwań informacji o obiektach.

Produktami współczesnej fotogrametrii wykorzystywanymi przez użytkownika masowego są w przeważającej ilości obrazy rastrowe – ortofotomapy, obrazy NMT, fotomapy. Dla takich produktów przydatnym może być wskazanie metody analizy położenia obiektów na obrazie, wspartej na technologii geoinformacyjnej. Zapropionowane rozwiązanie zaprezentowane zostało w artykule z myślą o wykorzystaniu obrazów fotogrametrycznych w systemach informacyjnych – przede wszystkim w rozwiązaniach WWW-GIS oraz Mobile-GIS.

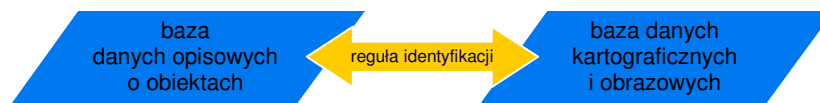
Summary

In this article progress of research is presented on the executed by the authors their own concept of raster geo-information analysis, especially including photogrammetric images. Presentation was made of the concept and system functions, which enable presentation of information related to subjects identified on digital image. This concept presupposes the possibility to make available data on the Internet and in station solutions using raster as the environment searching for information on objects.

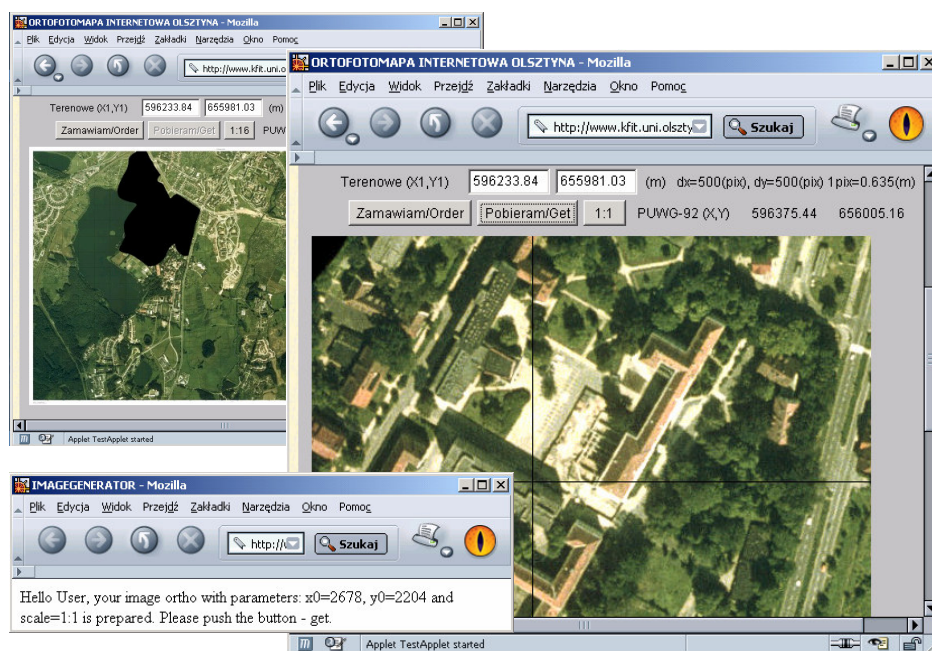
The products of contemporary photogrammetry used by mass user are predominantly raster images - orthophotomaps, DTM images, photomaps. For such products it can be useful to indicate a method for analysis of subject location on a image, based on geo-information technology. The suggested solution was presented in the article with intention of use of photogrammetric images in information systems – above all in WWW-GIS and Mobile-GIS solutions.

1. Technologia geoinformacyjna i funkcjonowanie systemu.

Produktami współczesnej fotogrametrii wykorzystywanymi przez użytkownika masowego są w przeważającej ilości obrazy rastrowe – ortofotomapy, obrazy NMT, fotomapy. Dla takich produktów przydatnym może być wskazanie metody analizy położenia obiektów na obrazie, wspartej na technologii geoinformacyjnej. Zaproponowane rozwiązanie, skrótowo zaprezentowane w tym miejscu, powstało z myślą o wykorzystaniu obrazów fotogrametrycznych w systemach informacyjnych [Gajderowicz I., Janowski A., Żarnowski A., 2000] – przede wszystkim w rozwiązaniach WWW-GIS oraz Mobile-GIS.

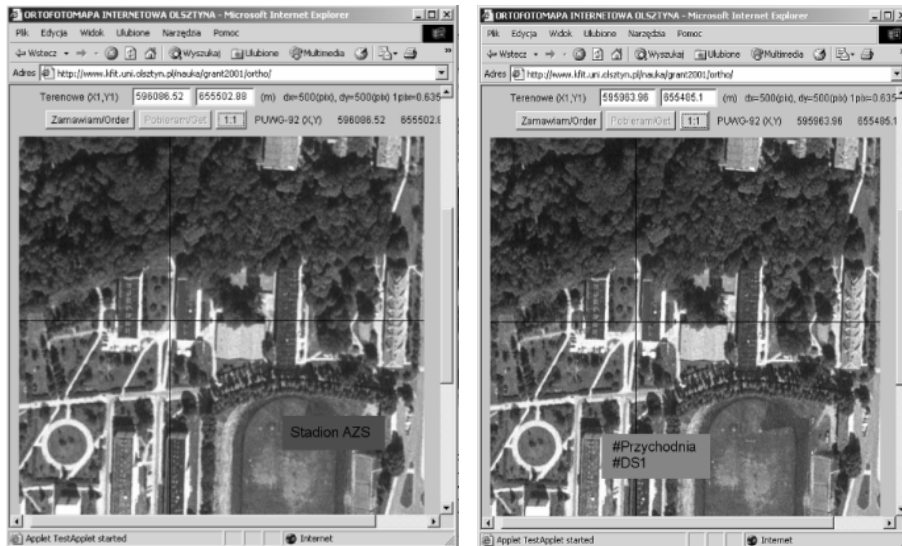


Rys 1. Technologia geoinformacyjna [Szulwic J., 1998].



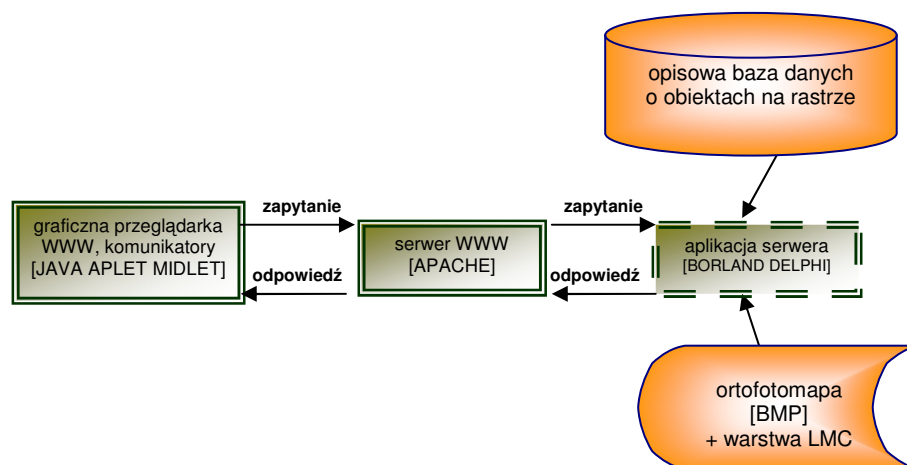
Rys 2. Ortofotomapa w Internecie:
możliwość powiększeń i pomiaru współrzędnych.

Po stronie klienta funkcjonuje aplet Java komunikujący się z serwerem aplikacji (*Java Tomcat, Borland Delphi*). Ruch kursora myszy po obszarze ortofotomapy powoduje nawiązanie komunikacji z serwerem. Do serwera przesyłane są współrzędne wskazanego punktu, a serwer na tej podstawie – wykorzystując reguły identyfikacji – analizuje strukturę LMC w odniesieniu do charakterystyki piksela, pozyskując informację dla przesyłanych współrzędnych. Odpowiedź-informacja wyświetlona zostaje po stronie klienta jako tekst-dymek (*hint*) przy kursorze myszy (Rys. 3.).



Rys. 3. Informacja o obiekcie na ortofotomapie. Identyfikacja jednoznaczna oraz alternatywna.

2. Model funkcjonalny dla analizy geoinformacyjnej.



Rys 4. Funkcje systemu w zakresie analizy geoinformacyjnej produktów fotogrametrycznych – schemat rozwiązania w technologii klient-serwer z warstwą pośrednią (technologia trójwarstwowa) i tzw. „cienkim klientem”.

Projekt udostępnia dane opisowe o obiektach na ortofotomapie i jest próbą budowy warstwy informacyjnej o obiektach na danych rastrowych. Schemat działania aplikacji w technologii LMC został przedstawiony na rysunku 4.

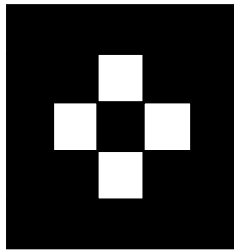
System funkcjonuje na wzajemnie powiązanych warstwach rastrowych. Warstwą widoczną dla użytkownika jest analizowany obraz rastrowy – w prezentowanym przykładzie: ortofotomapa. Warstwą niewidoczną dla użytkownika, a dostępną na poziomie analizy komputerowej dla aplikacji serwera, jest kompozycja o autorskiej strukturze umożliwiającej

geoinformacyjną analizę położenia obiektów na zdjęciu. Strukturę kompozycji tworzy macierz liczb całkowitych złożona z trzech kolumn L, M, C o dynamicznie zmiennej reprezentacji bitowej, zależnej od liczby obiektów, związków logicznych lub działań zarządzających składających się na kompozycję.

W celu połączenia danych opisowych o obiektach z obrazem rastrowym autorzy przyjęli pewną strukturę zapisu danych dla niewidocznej warstwy obrazu analizowanej przez serwer. Procedura opracowana przez autorów referatu pozwala na zidentyfikowanie obiektu na obrazie rastrowym przez wskazanie kursorem dowolnego piksela obrazującego dany obiekt. Procedura ta korzysta z trzech liczb nazwanych L, M, C, przyporządkowanych każdemu pikselowi. Stąd struktura tego zapisu została nazwana LMC. Kompozycja LMC jest rozwiązaniem autorskim [Janowski A., Szulwic J., 2000], powstałym w pierwszych latach realizacji studiów doktoranckich autorów w KFIT UWM Olsztyn. Obecnie została poszerzona o obsługę błędów i rozbudowanych analiz obiektów.

3. Model przestrzeni pikseli.

Zasadniczym elementem funkcjonowania modelu LMC jest określenie relacji sąsiedztwa między pikselami, z uwzględnieniem własności topologicznych dyskretnej płaszczyzny obrazu. W modelu LMC przyjęta została relacja sąsiedztwa jako ośmio-sąsiedztwo. Pomimo istnienia paradoksu dyskretnej spójności (Rys. 5.) autorzy nie rozpatrują pikseli jako kompleksów, a pozostają przy przedstawionej wyżej zasadzie ośmio-sąsiedztwa, uznając paradoks jako podnoszący wydajność badania spójności w strukturze LMC.



*Rys. 5. Paradoks podwójnej spójności.
Dwa spójne obszary: białe pole figury i czarne tło.*

Paradoks podwójnej spójności pozwala na rysunku 5. odnaleźć dwa spójne obszary: biały tworzący krzywą zamkniętą i czarny – składową spójną tła. Spójność ta nie byłaby możliwa do osiągnięcia, gdyby przyjęta została inna z zasad sąsiedztwa pikseli – zasada cztero-sąsiedztwa [Jankowski M., 1990].

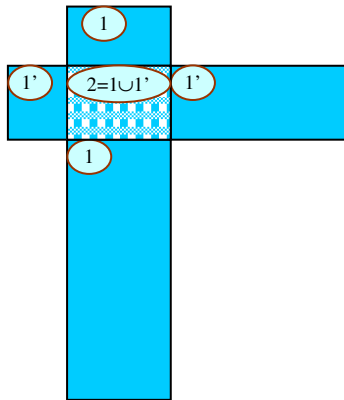
4. Struktura informacji.

Każdy obiekt zidentyfikowany na obrazie rastrowym (LMC) jest charakteryzowany przez piksele (identyczne lub przynależne do obszaru spójnego identyfikowanego w strukturze LMC) i posiada przyporządkowane: środek ciężkości oraz opis (informacja tekstowa o obiekcie). Wszystkie kolejne piksele obrazu są opisane wg charakterystyki LMC podanej w tabelach 1. i 4. dla wzorcowego piksela z każdego dostępnego obszaru powiązanego z obiektem. W wyniku analizy struktury LMC przez aplikację serwera wyliczany zostaje ponownie środek ciężkości dla analizowanego obszaru (zbioru spójnego) i wg niego wyszukiwana jest informacja opisowa o obiekcie [Janowski A., 2003, Szulwic J., 2003].

W strukturze LMC kolumna C informuje o bezpośrednim przyporządkowaniu klasy obiektowi¹, przy czym autorzy przyjmują odmiennie do wcześniejszych opracowań [Żarnowski A., 1999], że klasa jest jednakowa dla obiektów tego samego typu (np. budynki należą do tej samej klasy), uzyskując zasadnicze obniżenie tendencji zwiększania się ciężaru bajtowego danych zapisanych w strukturze LMC.

Kolumna M jest wykorzystywana do zarządzania klasami i odpowiada za analizy związane z badaniem podstawowej spójności zbiorów. Wpis w kolumnie M dla danego obiektu informuje, iż obiekt ten bierze udział w związkach zależności z innymi obiektami, przez co analiza spójności zbioru winna zostać zrealizowana w oparciu o odnajdowanie w ośmio-sąsiedztwie obiektów o tożsamym wpisie w kolumnie M. Istnienie wpisu w kolumnie M świadczy o istnieniu związków z innymi klasami, ale brak wpisu związków takich nie wyklucza. O nieistnieniu powiązań z innymi obiektami możemy mówić wówczas, gdy jednocześnie nie istnieje wpis w kolumnie M i wartość z kolumny C nie występuje w tablicy dyrekcyjnej.

Kolumna L jest przeznaczona do analizy logicznej zbiorów pikseli, a swe podstawowe zadanie spełnia wraz z tablicą dyrekcyjną przy wskazywaniu pikseli należących do różnych klas (obiektów). Praktycznie wpis w kolumnie L dla danego obiektu oznacza, iż w danym miejscu przestrzeni obrazu znajduje się więcej niż jeden obiekt (obiekty nachodzące na siebie) i w celu pełnej identyfikacji winno nastąpić odwołanie do tablicy dyrekcyjnej.



Rys. 6. Przykład zależności między dwoma obiektami tej samej klasy.

Tabela 1: opis pikseli z poszczególnych obszarów znajdujący się w tablicy o strukturze LMC:

charakterystyka piksela w obszarze nr	L	M	C
1	*0	*0	*01
1'	*0	*1	*01
2	*1	*1	*10

Tabela 2. dyrekcyjna pikseli wspólnych:

CC	C1	C2
*10	*01	*01

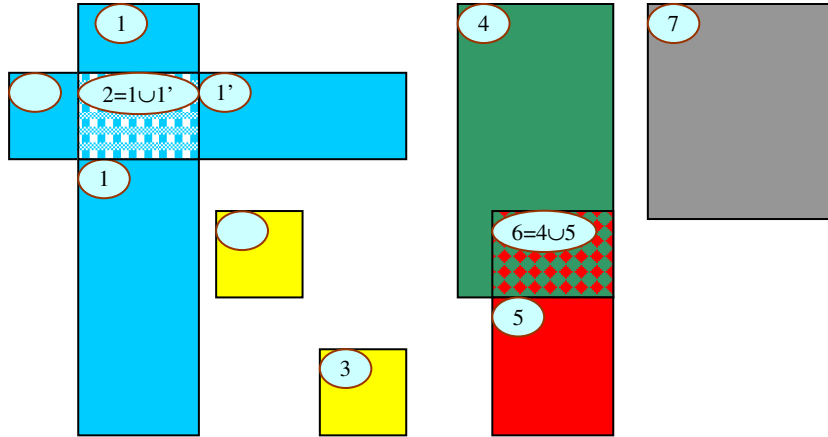
Tabela 3. identyfikacyjna środków ciężkości:

x_{pix} , y_{pix} śr. ciężk.	Opis obiektu
25,50	ulica 1
50,25	ulica 2

W tablicy dyrekcyjnej zapisane są związki pomiędzy powiązanimi ze sobą (nakładającymi się) obiektami. W celu zachowania identyfikacji poszczególnych obiektów każdemu elementowi posiadającemu zapis w kolumnie C przyporządkowany zostaje jednoznaczny środek ciężkości wyliczany aktywnie wprost ze struktury LMC i przechowywany w tablicy identyfikacyjnej.

¹ pojęcie klasy w rozumieniu informatycznym.

Środek ciężkości obiektu zostaje dynamicznie wyliczony w chwili wskazania piksela w strukturze LMC – system dysponuje wówczas współzrędnymi piksela i jego charakterystyką LMC. Środek ciężkości jest cechą, która z założenia koncepcji LMC pozwala na jednoznaczne odnalezienie obiektu w tabeli środków ciężkości. Środek ciężkości wyliczany jest dla zbiorów spójnych składających się z kompleksów pikseli. Spójność zbiorów analizowana jest w oparciu o strukturę LMC.



Rys. 7. Schemat rozmieszczenia obiektów na warstwie LMC.

Tabela 4. opis pikseli z poszczególnych obszarów znajdujący się w tablicy o strukturze LMC:

charakterystyka piksela w obszarze nr	L	M	C
1	*0	*0	*0001
1'	*0	*1	*0001
2	*1	*1	*0010
3	*0	*0	*0011
4	*0	*0	*0100
5	*0	*1	*0101
6	*1	*1	*0111
7	*0	*0	*1000

Tabela 5. dyrekcyjna pikseli wspólnych:

CC	C1	C2
*0010	*0001	*0001
*0111	*0101	*0100

Tabela 6. identyfikacyjna środków ciężkości

x_{pix} , y_{pix}	śr. ciężk.	Opis obiektu
25,50		ulica 1
50,25		ulica 2
60,50		budynek 1
80,80		budynek 2
120,30		trawnik
125,80		armatura
180,25		budynek 2

Kiedy spójność zostanie stwierdzona, znana stanie się także powierzchnia w wielkościach pikselowych wskazanego obiektu oraz określone zostaną momenty statyczne S_x i S_y powierzchni zajmowanej przez obiekt, dzięki czemu możliwe staje się oznaczenie środka ciężkości figury. Ogólne wzory dla wyznaczenia środka ciężkości obiektu $O(X_0, Y_0)$ mają postać:

$$X_0 = \frac{\int x \circ dA}{A} = \frac{S_y}{A} \quad Y_0 = \frac{\int y \circ dA}{A} = \frac{S_x}{A}$$

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].

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

$$S_x = \sum_{i,j \in I} (y_{ij} - 0,5) \cdot P_{ij}$$

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

$$\text{gdzie } I = \{i, j; p_{ij} \in A\}$$

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

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

$$Y_0 = \frac{\sum_{i,j \in I} (y - 0,5)}{A}$$

$$\text{gdzie } I = \{i, j; p_{ij} \in A\}$$

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

Na rysunku 7. przedstawiony został hipotetyczny układ obiektów terenowych na warstwie LMC związanej z obrazem mapy lub ortoobrazem. W tabelach zestawiono elementy tabel LMC, dyrekcyjnej i środków ciężkości powiązanych z opisem poszczególnych obiektów w terenie. Bity opisane kolorem czerwonym (podkreślenie pojedyncze) i zielonym (podkreślenie podwójne) są wynikiem automatycznego rozszerzania tabel LMC i dyrekcyjnej wraz ze zwiększaniem się liczby obiektów i zależności; pola bitowe opisane na czerwono zostały dodane w przy pierwszej przebudowie zbioru; na zielono – przy następnej.

5. Urządzenia mobilne.

Fotogrametria, a przede wszystkim szeroko pojęty SIP, odnajdują swoje miejsce w urządzeniach mobilnych; koncepcja obejmuje możliwość udostępniania danych przestrzennych w telefonach komórkowych (palmtopach i urządzeniach hybrydowych: palmphon'ach). Przykład (Rys. 8.) wykorzystuje technologię Java w połączeniu z możliwościami stosunkowo taniej transmisji danych GPRS, pozwalając na pobieranie interaktywnej monochromatycznej mapy woj. warmińsko-mazurskiego. Schemat działania wykorzystuje przedstawione już modele komunikacji, w których miejsce apletu Java zajął midlet. Midlet oferuje możliwość zmiany skali prezentowanych informacji oraz „poruszanie” się kursora po rastrze. Mapa generowana jest dynamicznie, na żądanie midletu, przez serwlet znajdujący się na odległym serwerze internetowym. Połączenie tej technologii z identyfikacją

obiektów na obrazie rastrowym pozwala na rozszerzenie wykorzystania struktury L, M, C także na urządzenia mobilne.

Nowe generacje telefonów komórkowych, tzw. komunikatory (np. Nokia 9210i, 9500, palmphon'y) nie ograniczają możliwości użytkowych do midletów; uruchamianie pełnych aplikacji i baz danych stworzonych w Java nie stanowi problemu w przypadku tych urządzeń. Dodatkowe przyłączenie modułu GPS do komunikatora daje jeszcze szersze spektrum możliwości używania telefonu komórkowego w SIP [Janowski A., 2003].



Rys. 8. Przykład wykorzystania telefonu komórkowego do prezentacji produktów w SIP.

6. Obiektowość danych.

Realizowana koncepcja identyfikacji 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 encji o jednakowej strukturze wewnętrznej. Możemy mówić tutaj o obiektowym modelu danych, gdyż zostają 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 prezentowanej koncepcji obiektowej analizy geoinformacyjnej obrazów fotogrametrycznych. Szczególne znaczenie zostało tutaj 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 kompatybilna z definicją dziedziczenia obiektowego. 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 WWW-GIS i Mobile-GIS, uzależniając lokalizację definicji zjawiska lub cechy w części relacyjnej bądź obiektowej systemu od możliwości efektywności zapisu i swobody pozyskania odpowiedzi.

Opcjonalnie wprowadzona została specjalna grupa obiektów (scharakteryzowana w zapisie struktury bitowej jako $L=0$, $M=(...)1$, $C=0$ czyli z definicyjnie nieokreśloną klasą), dla której przewidziana została możliwość dynamicznej rozbudowy struktury bitowej w czasie pracy. Obiekty z taką specyficzną charakterystyką bitową zachowują szerokość obszaru pikseli w przedziale od 1 do 3 pikseli niezależnie od skalowania obszaru objętego LMC. Dzięki temu

zbiory takich pikseli mogą być używane jako granice poszczególnych obiektów bez utraty ciągłości (spójności) zbioru pikseli; wspomagają także automatyczną transformację modeli wektorowych na zapis LMC łączący w sobie cechy quasi wektorowe przypisane do rastra [Morain S., 1996]. Przeprowadzane analizy wykazują również dobrą przydatność technologii do analiz odległości (bliskości), przylegania i sąsiedztwa obiektów dzięki umożliwieniu realizacji wewnątrzstrukturalnej analizy topologicznej obiektowego modelu rastrowego.

7. Podsumowanie.

Mając na uwadze możliwości analizy informacji zawartej w obrazach rastrowych, należy zauważyć, iż wdrożona koncepcja daje podstawy do skutecznej analizy geoinformacyjnej rastrów opracowanych w opisywanej technologii.

Technologia identyfikacji obiektów na obrazach rastrowych prezentowanych w Internecie, oraz szeroko pojętych sieciach komunikacyjnych, jest rozwiązaniem nowym, wskazującym na autorskie podejście do funkcjonowania informacji opisowej wspartej na technologii geoinformacyjnej. Cennym faktem z punktu widzenia powszechności opracowań rastrowych jest to, że technologia analizy położenia obiektów na obrazie rastrowym funkcjonuje w oparciu o analizę pikseli i ich grup, bez odwoływania się do rozwiązań wektorowych.

Literatura

1. 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 2000.
2. Jankowski Michał, 1990, Elementy grafiki komputerowej, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
3. Janowski Artur, 2003, Dobór optymalnych narzędzi informatycznych przy konstruowaniu aplikacji SIP przeznaczonych dla odbiorcy masowego, UWM Olsztyn, rozprawa doktorska.
4. Janowski Artur, Szulwic Jakub, 2000, Interaktywna akwizycja opracowań fotogrametrycznych, Sympozjum PTFiT, Fotogrametria, Teledetekcja i GIS u progu Trzeciego Tysiąclecia, Kraków - Kalwaria Zebrzydowska, AKFiT vol. 10, 27-29.09.2000, Wydawnictwo AGH Kraków.
5. Kwiatkowski Józef, 1969, Statyka ogólna, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
6. Morain Stan, López Shirley, 1996, Raster Imagery in Geographic Information Systems, Editors, OnWord Press, Santa Fe, USA.
7. Szulwic Jakub, 1998, Analiza efektywności wykorzystania MicroStation™ i OKSE '97 do budowy GIS – technologia geoinformacyjna w GIS drogą do nowej koncepcji przestrzennej, praca magisterska pod kierownictwem Kazimierza Sikorskiego oraz Aleksandra Żarnowskiego, 1998, ART Olsztyn.
8. Szulwic Jakub, 2003, Koncepcja technologii przetwarzania i analizy geoinformacyjnej zdjęć fotogrametrycznych w rozwiązaniach internetowych, UWM Olsztyn, rozprawa doktorska.
9. Żarnowski Aleksander, Uwagi o mapach komputerowych, Sympozjum PTFiT nt. Opracowania Cyfrowe w Fotogrametrii, Teledetekcji i GIS, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji Vol.. 9, Mierki 16-17.09.1999.

Artykuł recenzowany przez zespół pod kierunkiem dra hab. Marka Pałusa, prof. PW