

**WYKORZYSTANIE FOTOGRAMETRII CYFROWEJ,
GPS I GIS W PROCESIE KARTOWANIA
SZATY ROŚLINNEJ
BABIÓGÓRSKIEGO PARKU NARODOWEGO**

USING DIGITAL PHOTOGRAMMETRY,
GPS AND GIS IN VEGETATION MAPPING
OF THE BABIA GORA NATIONAL PARK

Piotr Wężyk, Mateusz Sztremer

Laboratorium GIS i Teledetekcji
Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny Akademii Rolniczej w Krakowie

Słowa kluczowe: mapa roślinności, zdjęcia lotnicze CIR, stereodigitalizacja
Keywords: map of vegetation, air photos CIR, stereodigitalization

Wstęp

Choć człowiek już od kilku tysięcy lat intensywnie eksploruje środowisko naturalne to jednak stosunkowo niedawno zaczął otaczać ochroną niektóre jego zasoby i na drodze nauki poznawać procesy w nim zachodzące. Obserwacje przyrodników niestety są zazwyczaj obciążone subiektywizmem z uwagi na: sposób postrzegania obiektu badań (np. opisu barwy, szczegółów, dokładności wykonywanych pomiarów, itp.) oraz zmienność przestrzenną i czasową samego zjawiska czy procesu, w tym również częsty brak wyraźnych granic terytorialnych (np. przebiegu górnej granicy lasu w górach).

Postęp technologiczny przyspiesza zdobywanie wiedzy i doświadczenia oferując jednocześnie badaczom coraz doskonalsze metody i narzędzia eksploracji środowiska naturalnego. Elementy subiektywizmu są stopniowo eliminowane, a wyniki badań stają się spójne i porównywalne. Do narzędzi wspomagających prace przyrodnicze zaliczyć można z całą pewnością geoinformatykę, oferującą narzędzia i metody z zakresu: Systemów Informacji Geograficznej (GIS), fotogrametrii, teledetekcji lotniczej i satelitarnej, globalnego systemu pozycjonowania (GPS) czy przetwarzania obrazu (Weiner i in. 1995; Wężyk, Mansberger 1997, 1998; Holopainen, Laasaenaho 2000; Wężyk, Guzik 2004). Jedną z oferowanych od lat leśnictwu metod są barwne lotnicze zdjęcia spektrostrefowe (CIR ang. *Color Infra Red*) uczulone w 3 warstwach na światło w zakresie zielonym, czerwonym i co najważniejsze w bliskiej podczerwieni (Ciołkosz i in. 1999). Do zalet tego materiału filmowego zaliczyć należy możliwość rejestracji obiektów różniących się przebiegiem krzywej spektrofotometrycznej reprezentującej wartości odbicia promieniowania słonecznego od wegetacji. Na jej przebieg wpływ posiadają: barwniki fotosyntetyczne (zakres widzialny), struktura komórkowa liścia

(zakres NIR) oraz zawartość wody w organach asymilacyjnych rośliny (Wężyk, Mansberger 1998; Haapanen 2004). Poprawne przeprowadzenie kartowania szaty roślinnej na stereoskopowych modelach zdjęć CIR uzależnione jest nie tylko od jakości dokonanych orientacji zdjęć i modeli (wewnętrznej, wzajemnej i zewnętrznej, które decydują o poprawności geometrycznej obiektów), ale również od przebiegu procesu samej fotointerpretacji. Ma ona złożony charakter i bazuje w głównej mierze na wcześniejszym doświadczeniu interpretatora zdobywanego w czasie tworzenia klucza interpretacyjnego w terenie i weryfikacji jego prac na powierzchniach testowych (Ciołkosz i in. 1999; Pellikka 2000).

Zaletą zdjęć lotniczych jest fakt, iż od momentu ekspozycji stają się materiałem obiektywnym, który może być wielokrotnie poddawany interpretacji przez różne osoby. Niestety zdarzały się przypadki, iż zdjęcia lotnicze były bezpośrednio wykorzystywane przez przyrodników bez odpowiedniego doświadczenia fotogrametrycznego czy kartograficznego, tj. nieznamośći problematyki rzutu środkowego. Poza generowaniem poważnych błędów lokalizacji i powierzchni kartowanych obiektów, obserwacje monoskopowe nie pozwalają wykorzystać bogactwa informacji o strukturze szaty roślinnej, teksturze i cechach trójwymiarowych drzew czy terenu.

Realizacja projektów Phare skutkuje ułatwieniem dostępu do kartometrycznych materiałów (np. ortofotomapy LPIS/IACS), co w znaczny sposób podnosić będzie jakość kartograficznych opracowań. Niestety ogromną stratą dla przyrodników jest typ materiałów fotograficznych jakie wybrano do realizacji projektu ortofotomapy dla obszaru Polski (poza wyjątkami obrazów IKONOS, które jednak prawdopodobnie nie będą udostępniane w pełnej opcji np. kanału NIR).

W trakcie opracowywania Planu Ochrony Babiogórskiego Parku Narodowego (BgPN), w roku 1999 powstała mapa fitosocjologiczna w oparciu o tradycyjne kartowanie (tzw. zdjęcia fitosocjologiczne i kartowanie terenowe) oraz jak się zakłada o archiwalne lotnicze czarno-białe zdjęcia z roku 1993 (skala 1:20.000). Przypuszczenie to wynika z wrysowania przez wykonawców mapy fitosocjologicznej fragmentów płatów kosodrzewiny z wyraźnymi obszarami wewnętrznymi, widocznymi jedynie na zdjęciach lotniczych (bardzo utrudniony dostęp w terenie). W tamtym okresie wykonawcy nie dysponowali odbiornikami GPS, a jedynie standardowo posługiwali się busolą, altimetrem i mapą topograficzną (z warstwicami) w skali 1:10.000. Były to jedyne narzędzia pomocne w tworzeniu opracowania, a kontrola lokalizacji odbywała się przez pomiar wysokości i określenie ekspozycji stoku oraz porównanie z mapą topograficzną.

Celem prezentowanej pracy było porównanie jakości kartograficznej mapy fitosocjologicznej BgPN wykonywanej metodą tradycyjną z wynikami opracowania fotogrametrycznego zdjęć lotniczych CIR wykonanych w roku 2002 w ramach projektu PAN „Czasowe i przestrzenne skale dynamiki zachodniokarpackich borów górmoreglowych” (KBN 6 P04 F03021).

Teren badań

Babiogórski Park Narodowy (BgPN) o powierzchni 3.392 ha (3.198 ha lasów), uznany przez UNESCO za jeden ze światowych rezerwatów biosfery (*Man and Biosphere*), powołano do życia w 1954 roku (1728 ha). Kilka lat temu granice BgPN zostały poszerzone o dodatkowe 1664 ha lasów, a obecnie ochroną ścisłą objęta jest powierzchnia 1062 ha. Ze względu na charakter projektu teren badań koncentrował się w drzewostanach świerkowych oraz piętrach roślinnych powyżej regła górnego obejmując również partie szczytowe BgPN (1725 m n.p.m.).

Metodyka badań

Z przyczyn niezależnych od wykonawcy nalotu fotogrametrycznego, zdjęcia lotnicze wykonano w dniu 30 września 2002 roku. Zastosowano film spektrostrefowy Kodak Aerochrome III Infrared Film 1443. Skalę zdjęć ustalono na 1: 10 000. 20 zdjęć położonych w trzech szeregach, pokrywa obszar 3226,94 ha (rys.1).

Terenową osnowę fotogrametryczną stanowiło 19 fotopunktów sygnalizowanych (GCP) w postaci szachownicy malowanej na folii o wymiarze 1,5 x 1,5 metra. Ich pozycję określano pomiarem DGPS (900 epok; stacja bazowa TPN Zakopane; odbiorniki Pathfinder ProXRS; Trimble). Ze względu na opóźnianie się nalotu (przewidywany był na przełom VII/VIII.2002), część z punktów osnowy została uszkodzona bądź nie była możliwa do zidentyfikowania na zdjęciach. Koniecznym więc było dodatkowe zagęszczenie i odtworzenie osnowy przez pozyskanie kolejnych 15 fotopunktów naturalnych. Zdjęcia skanowano na urządzeniu Photoscan TD1 (Intergraph/Zeiss) w ZFiIT AGH w Krakowie. Zachowano dokładność geometryczną poniżej 2 μ m przy wielkości skanowanego piksela 14 μ m (1800 dpi; piksel około 14 x 14 cm). Aerotriangulacja wykonana przez OPGK Kraków, z punktu widzenia projektu i jakości odbiorników DGPS, przyniosła zadowalające wyniki ($\Delta X = 0,49$ m; $\Delta Y = 0,47$ oraz $\Delta Z = 1,08$ m). Opracowania dokonano na cyfrowej stacji fotogrametrycznej DEPHOS.

Prace nad stworzeniem klucza fotointerpretacyjnego wykonywano przed nalotem (lipiec/sierpień 2002) oraz w lipcu 2003. Obejmowały one opis zbiorowiska, szkic sytuacyjny, naziemne zdjęcia cyfrowe oraz pomiary DGPS obiektów (razem 87 pól treningowych).

Kartowania szaty roślinnej BgPN dokonano na drodze stereodigitalizacji 17 modeli zdjęć i objęło ono swoim zasięgiem 2232,8 ha. Ustalono kod hierarchiczny uwzględniający obszary leśne i nieleśne, zawierający 28 kategorii obiektów o charakterze poligonowym i jedną liniową. Poprawność topologiczną warstw uzyskiwano w oprogramowaniu ArcInfo 8.2 (ESRI), a kompozycje mapowe tworzone w ArcView 3.2a (ESRI).

Mapę fitosocjologiczną (stan aktualności 1999; format SHAPE ESRI), która objęła swym zasięgiem 3966,35 ha i składała się z 2.309 obiektów zaklasyfikowanych do 101 jednostek fitosocjologicznych, skonfrontowano z mapą wektorową powstałą z opracowania zdjęć lotniczych CIR. Należy podkreślić, iż interpretacja treści zdjęcia lotniczego posiada jednak pewne ograniczenia związane ze skalą zdjęcia lotniczego oraz okresem fenologicznym w przeciwieństwie do opracowań fitosocjologicznych, które tworzone są przez wiele miesięcy bądź nawet lat. Przed przystąpieniem do analiz przestrzennych GIS należało ujednoczyć klasy obiektów występujące w obu opracowaniach ze względu na różną szczegółowość i przyjęte kodowanie.

W przypadku mapy roślinności opracowanej ze zdjęć lotniczych CIR (mapa CIR), klasy tworzone głównie na podstawie opisu karpackich lasów o charakterze pierwotnym sporządzonego przez Korpele (Jaworski, Poznański 2000). Obiekty identyfikowano na podstawie składu gatunkowego drzewostanów, ich zwarcia (stopnia wypełnienia przestrzeni przez korony drzew), wielkości koron, wysokości drzew, itp., czyli cech możliwych do pozyskania ze stereoskopowych modeli CIR. Obiekty „nieleśne” występujące na terenie polan i ponad górną granicą lasu (g.g.l.) identyfikowano wyróżniając jednorodne płaty roślinności posługując się wiedzą zdobytą podczas kartowania w terenie (tworzenie klucza) i wiedzą botaniczną.

Jednostki (kody) mapy fitosocjologicznej (1999) powstały w oparciu o tzw. zdjęcia fitosocjologiczne, czyli dokładne analizy składu gatunkowego i stopnia pokrycia roślinności, przede wszystkim zielnej. Przeprowadzenie takiej identyfikacji na zdjęciach lotniczych jest wręcz niemożliwe z uwagi na ograniczenia wynikające z: niewystarczającej rozdzielczości tere-

nowej, ograniczenia widoczności obiektów znajdujących się poniżej zwartej pokrywy koron drzew oraz samego okresu fenologicznego (np. kwitnienia roślin wskaźnikowych). Pewne podobieństwa obu metod, tkwią w opisywaniu w zasadzie tych samych obiektów. W lesie identyfikowanym na zdjęciach lotniczych jako „drzewostan bukowy”, z pewnością w runie występowały rośliny zielne, klasyfikowane w terenie na zdjęciach fitosocjologicznych jako wskaźnikowe dla tego typu zbiorowiska (np. buczyny karpackiej). Założenie to jest prawdziwe w przypadku drzewostanów o charakterze naturalnym. Na terenie otwartym obie jednostki były często tożsame i możliwe do identyfikacji w miarę poprawnie, choć z pewnością nie z taką samą szczegółowością składu gatunkowego. Poprawność merytoryczna obu opracowań była ściśle zależna od wiedzy i doświadczenia przyrodniczego wykonawcy.

Odmienne jednak kształtuje się problem poprawności geometrycznej, gdyż technologia określania położenia obiektów bazująca na mapach topograficznych, taśmie mierniczej, altimetrze i monoskopowej obserwacji zdjęcia archiwalnego odbiega od poprawnego opracowania fotogrametrycznego.

Porównania obu map dokonano na podstawie przeprowadzonej analizy GIS (określenie części wspólnej, *intersect* oraz *clip*) w programie ArcView 3.2 (ESRI). Powierzchnia analizy porównawczej objęła ostatecznie obszar 2519,13 ha. Za pomocą odpowiednich poleceń modyfikujących bazę atrybutową obiektów, określono powierzchnie i obwody poligonów w utworzonych warstwach tematycznych. Klasy obiektów (zbiorowiska) poddano generalizacji przypisując je do jednej z 7 grup, tj.: „las liściasty”, „las iglasty”, „hale”, „polany”, „kosodrzewina”, „rumosz” oraz „inne”. W celu analizy jakości geometrycznej opracowania dokonano obserwacji na 10 homologicznych obiektach w obu warstwach. Jako warstwę referencyjną przyjęto warstwę wektorową pochodzącą z opracowania fotogrametrycznego.

Wyniki

W efekcie stereodigitalizacji zdjęć CIR pozyskano 372 obiekty poligonowe (średnia powierzchnia pojedynczego płatu wynosiła 4,78 ha). Porównanie liczby i powierzchni obiektów na mapie fitosocjologicznej (1999 r.) oraz mapie CIR (2002) zestawiono w tabeli 1.

Największe procentowe różnice powierzchni porównywanych obiektów wyniosły niemal 140% i dotyczyły klasy „hale”. Autorzy opracowania fitosocjologicznego z roku 1999 wykazali, iż tych obszarów było więcej o 56,44 ha niż na opracowaniu fotogrametrycznym. Klasa „kosodrzewina” graniczącej bezpośrednio z klasą „hale” było mniej o ponad 4% (12,61 ha) niż na opracowaniu fotogrametrycznym CIR. Klasa „rumosz skalny” granicząca również z klasami „kosodrzewina” i „hale” charakteryzowała się wyraźnie większą powierzchnią na mapie fitosocjologicznej (o 13,77 ha) w stosunku do stanu z roku 2002.

W aspekcie analiz największych różnic powierzchniowych, klasy „las iglasty” oraz „las liściasty” wykazywały największe wartości. Na zdjęciach CIR rozpoznano i zaliczono do klasy drzewostanów świerkowych o 359,81 ha więcej niż na mapach przygotowanych przez fitosocjologów. Różnice mogą tkwić w określeniu przebiegu granic pomiędzy drzewostanami i zakresem górnej granicy lasu. W przypadku lasu liściastego nastąpiła zupełnie odwrotna sytuacja, tj. na zdjęciach CIR wykazano ich 313,37 ha mniej niż na mapie fitosocjologicznej. Te znaczące różnice muszą zostać poddane dyskusji bezpośrednio z osobami dokonującymi kartowania w roku 1999 na obszarze BgPN.

Tabela 1. Wyniki porównania liczby i powierzchni obiektów

Klasa	Liczba obiektów		Różnica Mapa CIR – Mapa fitosocjologiczna		Powierzchnia [ha]		Różnica Mapa CIR – Mapa fitosocjologiczna	
	mapa CIR	mapa fito- socjologi- czna	[szt.]	[%]	mapa CIR	mapa fitoso- cjologi- czna	[ha]	[%]
Las liściasty	86	392	-306	-355,81	438,51	751,88	-313,37	-71,46
Las iglasty	114	279	-165	-144,74	1652,36	1292,55	359,81	21,78
Hale	65	284	-219	-336,92	40,37	96,81	-56,44	-139,81
Polany	47	433	-386	-821,28	23,75	51,94	-28,19	-118,69
Kosodrzewina	49	142	-93	-189,80	307,49	294,88	12,61	4,10
Rumosz	17	204	-187	-1100,00	19,87	33,64	-13,77	-69,30
Inne	22	9	13	59,09	36,84	1,52	35,32	95,87
Suma	400	1743	-1343	-335,75	2519,19	2523,22	-4,03	-0,16

W przypadku porównania liczby obiektów poszczególnych klas (tab.1), mapa fitosocjologiczna okazała się być znacznie bardziej szczegółowym opracowaniem (wyjątek stanowi klasa „inne”), gdyż pozyskano na niej ponad czterokrotnie więcej obiektów (1743 poligony) niż podczas stereodigitalizacji zdjęć CIR (tylko 400 poligonów).

W kolejnym etapie prac przeprowadzono szczegółowe analizy wytypowanych 10 homologicznych par obiektów, których wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Maksymalne różnice powierzchni rozpatrywane dla klas obiektów cechują się dużą rozpiętością w przedziale od -53,19 do 40,00%. Średnia różnica powierzchni obiektów pochodzących z mapy CIR oraz z mapy fitosocjologicznej wyniosła jednak tylko -8,4% dla analizowanych poligonów. Największe wartości różnic obwodów obiektów mieszczą się w przedziale od -27,95% do 28,09% (średnia 10,04%). Wartość sumarycznego obwodu obiektów mapy fitosocjologicznej (4086,04 m) jest mniejsza w porównaniu do opracowania fotogrametrycznego (4880,15 m) aż o 794,11 m (16,27%) przy ponad czterokrotnie mniejszej ich liczbie (tab. 1). Traktując opracowanie fotogrametryczne jako warstwę referencyjną określono maksymalne rozbieżności pomiędzy wektorami homologicznych obiektów na obu mapach (od 4,20 do 19,41 m). Średnia rozbieżność dla 10 analizowanych obiektów wynosiła 11,48 m. Różnice te mogą być uznawane za stosunkowo duże, ale należy sobie uzmysłowić, na jakim podkładzie mapy analogowej wykonuje się kartowanie terenowe. Przy skali mapy 1:10.000 (jaką z fragmentów opracowań fitosocjologicznych digitalizowano i transformowano w celu uzyskania warstw wektorowych) przesunięcie rzędu 11,5 m odpowiada zaledwie 1,5 mm (grubość linii ołówka). Na rysunkach 2–4 przedstawiono przykłady analizowanych obiektów.

Identyfikowanie obiektu na stereogramie i przypisanie go do odpowiedniej klasy zależało w głównej mierze od przyrodniczej wiedzy interpretatora i jego umiejętności fotogrametrycznych. Zjawiska przyrodnicze takie jak kształtowanie się górnej granicy lasu, nie mają zwykle bardzo jednoznacznych i ścisłych granic, stąd określanie ich zasięgu, nawet na zdjęciu lotniczym, bywa często obarczone subiektywizmem. Mapa fitosocjologiczna mimo, że zawierała więcej poligonów, wydaje się być mniej precyzyjna w przebiegu granic, co widać na przykładzie upraszczania obwodów obiektów. Obserwacje stereoskopowe zdjęć lotniczych CIR po-

Tabela 2. Wyniki szczegółowych analiz przestrzennych 10 par obiektów występujących na mapie: fitosocjologicznej i CIR

Klasa	Powierzchnia [ha]		Różnica Mapa CIR – mapa fitosocjologiczna [%]	Obwód [m]		Różnica Mapa CIR – mapa fitosocjologiczna [%]	Maks. przesunięcie granic obiektów [m]
	mapa CIR	mapa fitosocjologiczna		mapa CIR	mapa fitosocjologiczna		
Borówczyska	0,47	0,41	12,77	361,78	285,13	21,19	12,59
Kosodrzewina (1)	0,25	0,15	40,00	239,96	191,99	19,99	14,26
Kosodrzewina (2)	0,12	0,11	8,33	186,86	183,54	1,78	11,23
Kosodrzewina (3)	0,34	0,26	23,53	878,23	631,52	28,09	16,75
Rumosz skalny	0,09	0,06	33,33	150,90	132,45	12,23	4,20
Luki w zwartej kosodrzewinie (1)	0,20	0,28	-40,00	411,61	379,17	7,88	9,56
Luki w zwartej kosodrzewinie (2)	0,31	0,42	-35,48	612,98	513,94	16,16	13,32
Luki w zwartej kosodrzewinie (3)	0,72	0,93	-29,17	1374,88	989,75	28,01	19,41
Las iglasty stadium dorastania (1)	0,47	0,72	-53,19	332,30	355,49	-6,98	5,23
Las iglasty stadium dorastania (2)	0,52	0,75	-44,23	330,65	423,06	-27,95	8,25
SUMA	3,49	4,09	-17,19	4880,15	4086,04	16,27	114,80
Średnia	0,35	0,41	-8,41	488,02	408,60	10,04	11,48

zwoiliły na dokładniejsze przesledzenie lokalizacji obiektu, określenie jego charakterystyki, struktury 3D i uchwycenie wybranych szczegółów niewidocznych w terenie (np. części wierzchołkowe koron, miejsca niedostępne czy niebezpieczne do kartowania w terenie).

Przy właściwej jakości zdjęć lotniczych oraz dobrej pracy obserwatora dokładność określenia położenia obiektów na stereogramach powinna być zbliżona do dokładności wykonania orientacji zdjęć tworzących te stereogramy. W efekcie uzyskuje się wysoką dokładność wizualizacji wektorów 3D na podkładzie wygenerowanej ortofotomapy. Mając powyższe na uwadze należy bardzo negatywnie ocenić posługiwanie się nieprzetworzonymi zdjęciami lotniczymi jako podkładem podczas kartowania obiektów. Deformacje kształtu obiektów, przesunięcia i skręcenia ich zarysów, widoczne na mapie fitosocjologicznej, dyskwalifikują ten sposób wykorzystywania zdjęć lotniczych.

Pewnym usprawiedliwieniem może być fakt, iż w roku 1999 w trakcie wykonywania prac nad mapą fitosocjologiczną nie istniała jeszcze ortofotomapa dla obszaru BgPN, ani też wykonawcy nie stosowali odbiorników GPS. Niewątpliwie rozwiązaniem polecanym na przyszłość byłaby metodyka prac uwzględniająca: weryfikację, uszczegóławianie i aktualizację opracowania fotogrametrycznego CIR podczas kartowania w terenie. Wskazane byłoby użycie komputerów polowych typu PDA wyposażonych w oprogramowanie ArcPad (ESRI) i zintegrowanych z odbiornikami GPS. Osoba wykonująca kartowanie terenowe, uzyskałaby możliwość wyświetlania i edycji bazy geometrycznej i atrybutowej na tle ortofotomapy cyfrowej co w zdecydowany sposób wpłynęłoby na poprawność wyników opracowania.

Wnioski

Przeprowadzone badania porównawcze nad dokładnościami map fitosocjologicznych, wykonywanych na podstawie obserwacji terenowych, w porównaniu do metod wykorzystujących technologie geoinformatyczne, pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- mapa fitosocjologiczna BgPN, tworzona metodami tradycyjnymi, bez wykorzystania narzędzi geoinformatycznych (GPS, fotogrametria) pomimo większej szczegółowości (liczba klas i obiektów), cechuje się zdecydowanie mniejszą poprawnością kartometryczną w stosunku do opracowania fotogrametrycznego zdjęć CIR;
- analizy przestrzenne GIS oraz fotogrametria cyfrowa (stereogramy, ortofotomapa) przyczyniają się do poprawy dokładności opracowań przyrodniczych i umożliwiają w przyszłości ich wykorzystanie i osiąganie wiarygodnych wyników;
- stereodigitalizacja zdjęć lotniczych CIR, czy też wektoryzacja ortofotografii pozwala pozyskiwać geodane spełniające standardy profesjonalnych opracowań kartograficznych, charakteryzujące się kartometrycznością i możliwością zasilania systemów GIS w BgPN;
- stan szaty roślinnej z dnia 30 września 2002 roku zarejestrowany na zdjęciu lotniczym, może być w zasadzie poddawany kolejnym „bardziej obiektywnym” analizom takim jak klasyfikacja obiektowa (segmentacja obrazu);
- opisywanie zjawisk o charakterze czasowo-przestrzennym powinno być wspomagane analizami materiałów teledetekcyjnych. Zdjęcia lotnicze CIR wciąż posiadają ogromną przewagę nad innymi źródłami danych, choć ich pozyskiwanie bywa utrudnione szczególnie w warunkach wysokogórskich (warunki atmosferyczne, fenologia);
- zastosowanie metody polegającej na weryfikacji i uszczegółowieniu mapy wektorowej roślinności opracowanej ze zdjęć lotniczych CIR, wynikami prac terenowych wykonanych z użyciem technologii MobileGIS, wydaje się najlepszym rozwiązaniem na przyszłość.

Literatura

- Ciołkosz A., Masztalski J., Olędzki J. 1999: Interpretacja zdjęć lotniczych. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Haapanen, R., Ek, A., Bauer, M., Finley, A. 2004: Delineation of forest/nonforest land use classes using nearest neighbor methods. *Remote Sensing of Environment* 89:265-271.
- Holopainen M. Laasasenaho J. 1999: Forests in Geographic Information Systems. Conference on Remote Sensing and Forest Monitoring, Rogów 1999, s. 97-102.
- Jaworski A., Poznański R. 2000: Nowoczesne metody gospodarowania w lasach górskich. Centrum Informacji Lasów Państwowych. Warszawa.
- Pellikka, P., King, D. J., Leblanc, S. G. 2000: Quantification and removal of bidirectional effects in aerial CIR imagery of deciduous forest using two reference land surface types. *Remote Sensing Reviews*, Special issue on “Multi-angle Measurements and Models”, 19: 259-291.
- Weiner J.(red.). 1995: Puszcza Niepołomska. Reakcje ekosystemu na zanieczyszczenia przemysłowe – analiza za pomocą GIS. GIS dla obszarów chronionych. Kraków, s. 95-102.
- Wężyk P., Guzik M. 2004: The use of „Photogrammetry-GIS” (P-GIS) for the analysis of changes in the Tatra Mountains’ natural environment. In: A message from the Tatra. Geographical Information Systems and Remote Sensing in Mountain Environmental Research. Kraków, Poland, Riverside, California, USA, pp. 31-46.
- Wężyk P., Mansberger R. 1997: Przykład wykorzystania ortofotografii cyfrowej i systemu GIS w leśnictwie. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Vol.6, s.133-155.
- Wężyk P., Mansberger R. 1998: Techniki fotogrametrii cyfrowej i GIS w ocenie degradacji drzewostanów świerkowych w masywie Kudłonia w Gorcach. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Vol. 8, s. 20-1:20-10.

Summary

The aim of this paper is to compare the results of the vegetation mapping based on using GI technology (e.g. photogrammetric workout of CIR stereomodels and DGPS survey) with the traditional methods supported only by archival B&W aerial photos.

Within the framework of the project "Temporal and spatial scales of dynamics of Norway spruce stands in West Carpathians" (granted by KBN 6 P04 F03021) flight mission was taken over The Babia Gora National Park on 30th September 2002, using CIR (Kodak Aerochrome III Infrared Film 1443) for aerial photos (scale 1: 10.000). Images were scanned at 1800 dpi resolution (pixel size 14 μ m; 14 by 14 cm ground resolution). There were 19 signalized GCP; their positions were gained with DGPS measurements (base station TPN, Zakopane) taken by cartographic receivers Trimble.

Due to the delay of flight mission (expectation date: July/Aug. 2002) part of signalized GCP were damaged or impossible to identify. It was necessary to restore and add some new "natural" GCP. Results of aerotriangulation executed by OPGK Krakow were satisfactory for project requirements ($\Delta X = 0,49$ m; $\Delta Y = 0,47$ and $\Delta Z = 1,08$ m).

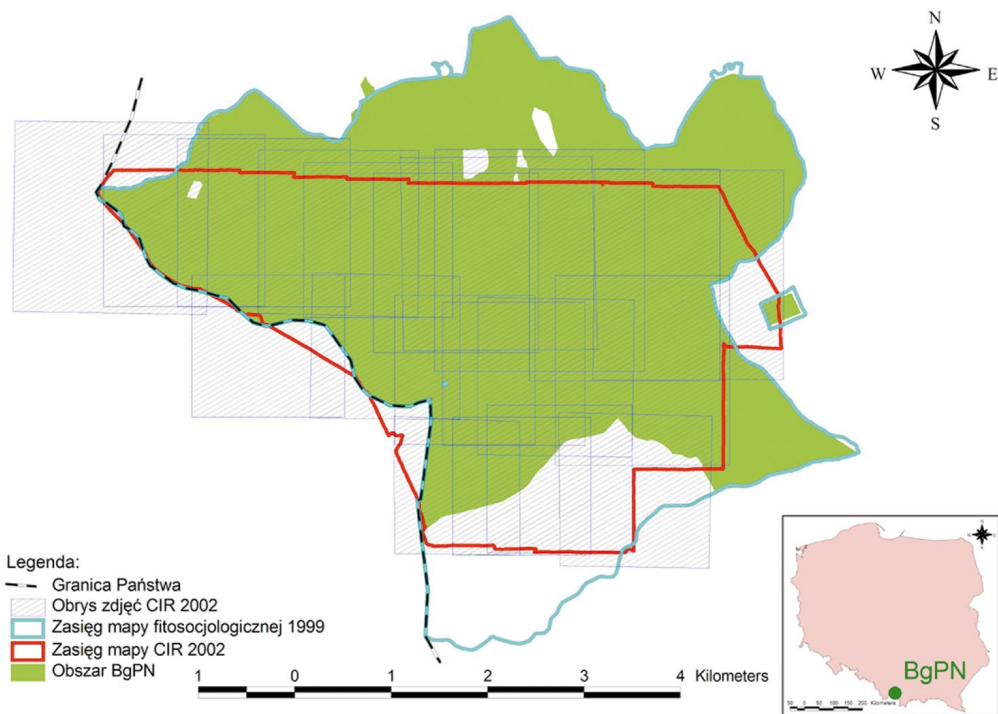
Mapping of vegetation of the Babia Gora National Park was realized through stereodigitalization of 17 models and covered 2,232.8 hectares. During the workout on the DEPHOS digital photogrammetric station, specified fragments of plant cover were separated and identified according to photointerpretation key (description of plant community, situation sketch, digital photos, DGPS position). The mapped objects were classified into 23 polygon classes (hierarchy code included forest and no-forest areas). In sum, there were 372 digitalized polygon objects (the mean area of a single polygon was 4.78 hectares). Topology correctness of this layer was obtained with ArcInfo ver. 8.2 ESRI software. Map compositions were created with ArcView 3.2a software. While creating BgNP Protection Plan in 1999, the map of vegetation was made based on "traditional" techniques of mapping and archival cartographic sources, including contact prints of B&W aerial photos from 1993. GPS receivers were not used at that time, but only altimeter and topographic map in the scale of 1: 10.000. The map created by this traditional method was compared with photogrammetric workout of CIR aerial photos from Sept. 2002.

At the area of 2519.13 hectares the map of vegetation includes 1743 objects, while "CIR map" had only 400 one of them. During detailed analyzing of 10 pairs of homologous objects generalizing of object borders at plant cover map was ascertained (perimeters were on average shorter by 10.04 %). Position errors at the plant cover map compared with the "CIR map" were at the level from 4 m to 19.4 m (11.48 m on average).

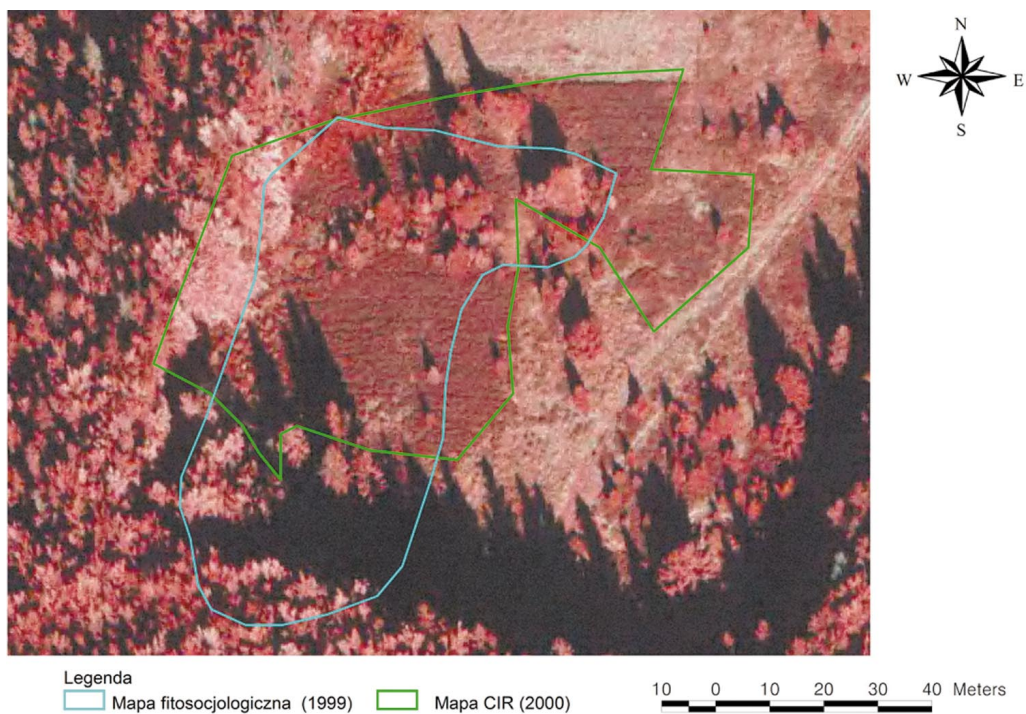
This work shows a very good example of mutual support in a scientific project of geomatic techniques (digital photogrammetry, GIS and GPS) and the character of nature researches. The integration of GI tools enables verification of archived data and updating of geometric and attribute GIS databases.

dr inż. Piotr Wężyk
rlwezyk@cyf-kr.edu.pl

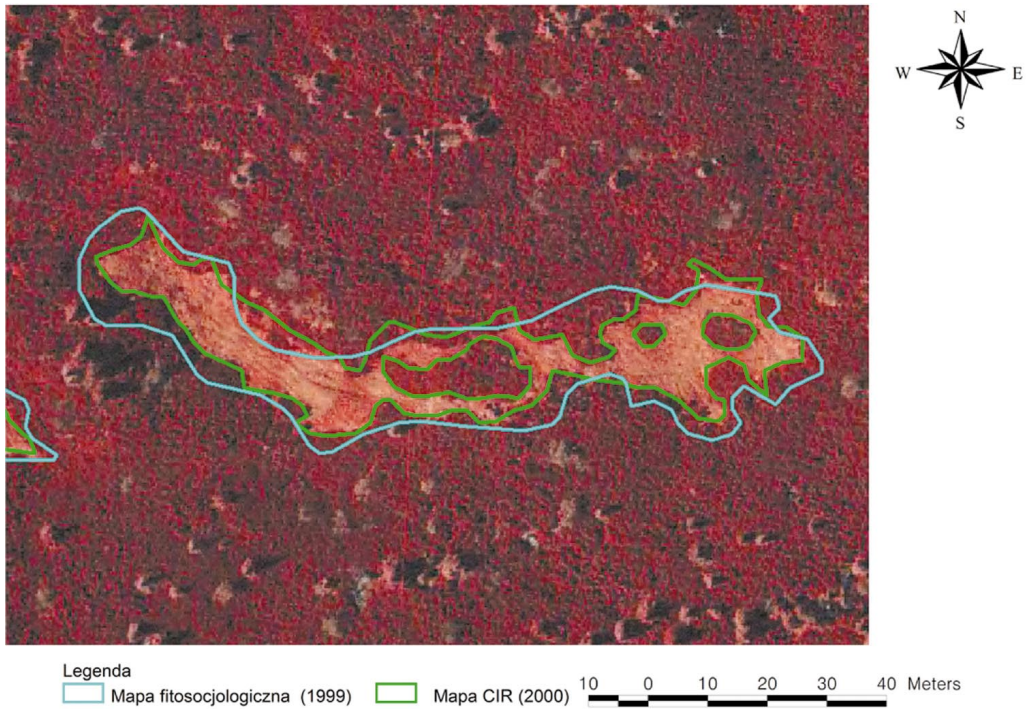
mgr inż. Mateusz Sztremer
www: www.ar.krakow
tel./fax: (0-12) 662 50 82



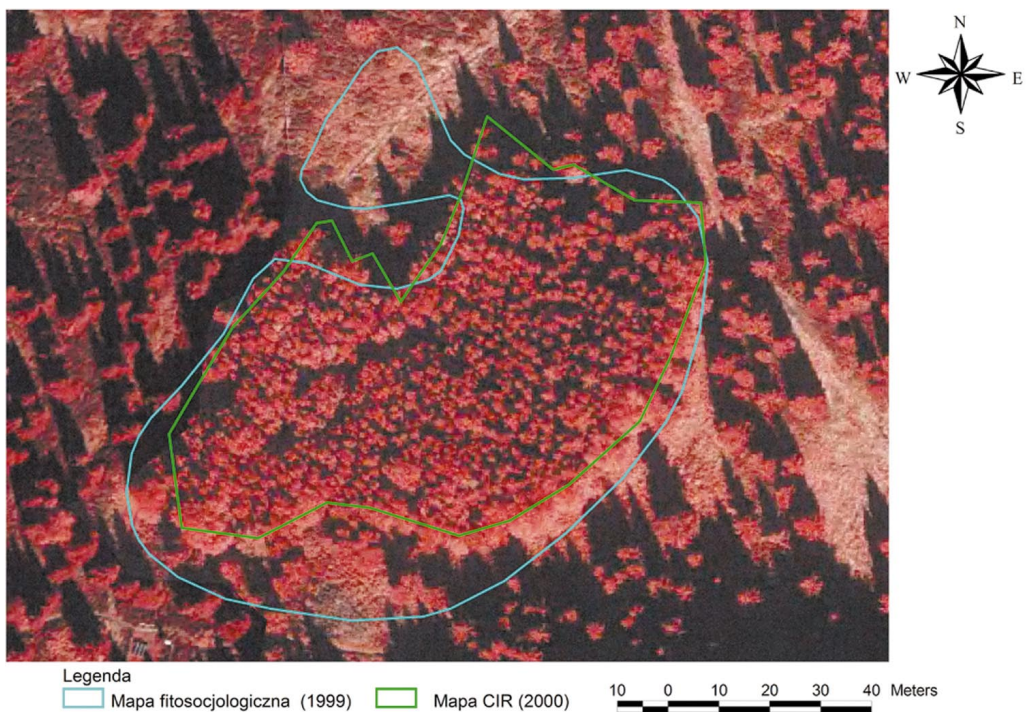
Rys. 1. Zasięg mapy fitosocjologicznej oraz „mapy CIR” roślinności Babiogórskiego Parku Narodowego (BgPN), a także obszar wykonanych zdjęć lotniczych CIR (30.09.2002).



Rys. 2. Porównanie przebiegu wektora obiektu „Borówczysko” z mapy fitosocjologicznej oraz mapy CIR na tle ortofotomapy ze zdjęć CIR 2002.



Rys. 3. Porównanie przebiegu wektora obiektu „Kosodrzewina” z mapy fitosocjologicznej oraz mapy CIR na tle ortofotomapy ze zdjęć CIR 2002



Rys. 4. Porównanie przebiegu wektora obiektu „Las iglasty, stadium dorastania” z mapy fitosocjologicznej oraz mapy CIR na tle ortofotomapy ze zdjęć CIR 2002