

Piotr Wężyk
Lukasz Przybyłek

ZASTOSOWANIE ZDJĘĆ LOTNICZYCH ORAZ ORTOFOTOMAP CYFROWYCH W PROCESIE WERYFIKACJI I AKTUALIZACJI LEŚNEJ MAPY NUMERYCZNEJ

Streszczenie. *W Lasach Państwowych wymaganymi załącznikami do tzw. Planu Urządzenia są leśne mapy numeryczne (LNM) wdrażane obecnie na szeroką skalę w jednolitym standardzie (SLMN). Część opisową systemu SIP w LP stanowią tabele modułu LAS bazy danych SILP. Zarządzenia Dyrektora Generalnego LP wymieniają zdjęcia lotnicze oraz wysokorozdzielcze zobrażenia satelitarne jako jedne z ważnych źródeł informacji w procesie tworzenia leśnej mapy numerycznej i jej aktualizacji. Celem badań było wykazanie przydatności w/w źródeł danych do weryfikacji i aktualizacji LNM. Dla obszaru Puszczy Niepołomickiej wykorzystano barwne zdjęcia lotnicze w skali 1:26.000 (Phare 1997) oraz wygenerowane na ich podstawie ortofotografie cyfrowe. Analizy dotyczyły określenia stopnia poprawności LNM w porównaniu do przebiegu linii wydzielen drzewostanowych oraz granic oddziałów pozyskanych na drodze opracowania fotogrametrycznego (VSD-AGH) zdjęć lotniczych oraz digitalizacji ekranowej ortofotomapy cyfrowej. Dla poszczególnych leśnictw zestawiono bilans powierzchni wydzielen opracowywanych trzema różnymi metodami. Jedną z przyczyn rozbieżności pomiędzy stereodigitalizacją oraz wektoryzacją ortofotografii jest rodzaj zastosowanego do jej generowania numerycznego modelu terenu w wyniku czego kartowanie wydzielen wzdłuż wierzchołków wysokich drzew może być obciążone błędami. Praca wykazała wysoką przydatność zdjęć lotniczych i ortofotografii w określaniu przebiegu granic wydzielen i oddziałów leśnych a także inwentaryzacji innych obiektów o charakterze liniowym, punktowym i poligonowym.*

Wstęp i cel pracy

Obszary leśne podlegają ciągłym i dynamicznym przemianom powodowanym przez czynniki biotyczne, abiotyczne i antropogeniczne. Drzewa zmieniają swoje rozmiary (wysokość i średnica pnia) oraz kształt i wielkość korony wraz z wiekiem, a ich liczba na jednostce powierzchni ulega znacznej redukcji aż do całkowitego rozpadu drzewostanu lub użytkowania rębego. W zdecydowanej większości przypadków w polskich lasach zajmujących obecnie 28,6% powierzchni kraju mamy do czynienia z gospodarką ściśle planowaną podlegającą zapisom w tzw. Planie Urządzenia Nadleśnictwa wykonywanym co 10 lat. W Lasach Państwowych (PGL LP – 78,4% polskich lasów) wymaganymi załącznikami do tych planów są leśne mapy numeryczne, które w przeszłości nie miały jednoznacznie określonego standardu z powodu stosowania technologii analogowej przez wielu różnych wykonawców. Wdrażana obecnie na szeroką skalę w PGL Lasy Państwowe - Leśna Mapa Numeryczna (LNM) wykonywana jest w jednolitym standardzie [Zarządzenie nr 41 Dyrektora Generalnego LP z dnia 7.06.2004r.]. W myśl cytowanego dokumentu „... podstawą stosowania mapy numerycznej, jako elementu systemu informacji przestrzennej, jest jej aktualność. Dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na aktualizację bazy geometrycznej i relacyjnie z nią powiązanych baz opisowych.” W rozdziale dotyczącym materiałów źródłowych przewidziano „ (...) wykorzystanie

odbiorników DGPS,(..) zdjęć lotniczych oraz wysokorozdzielczych zobrażeń satelitarnych”.

W zasobach CODGiK bądź WODGiK od kilku lat znajdują się materiały fotogrametryczne w postaci zdjęć lotniczych czy też ich przetworzeń (ortofotomapy) wykonane w ostatnich latach np. w ramach Phare 1996-1998 [Kurczyński 1999] czy LPIS 2003. Z różnych przyczyn nie były i nadal nie są one wykorzystywane na szeroką skalę przez wykonawców LMN.

Celem prezentowanych badań było wykazanie przydatności barwnych zdjęć lotniczych (1:26.000) oraz ortofotomapy cyfrowej w procesie weryfikacji i aktualizacji LMN.

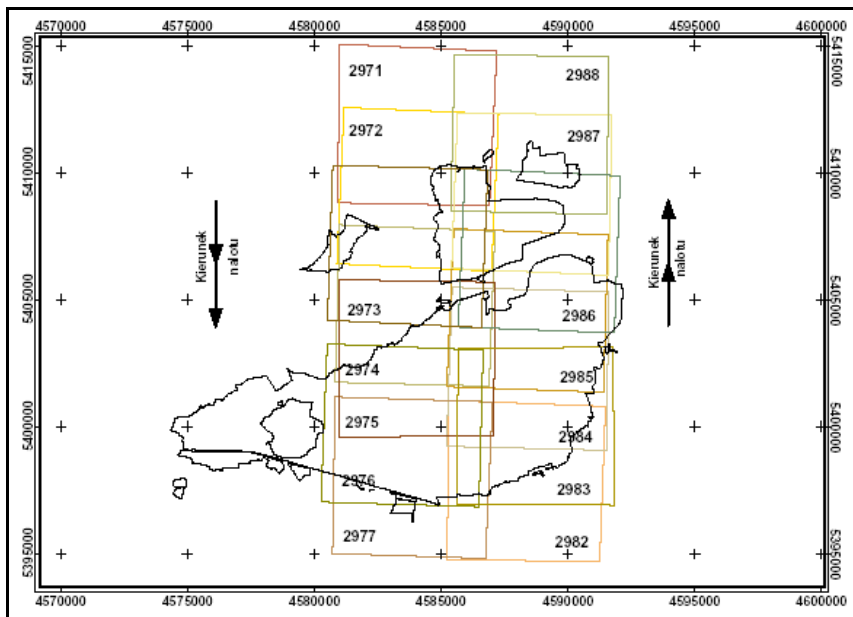
Teren badań

Obszar badań stanowiło Nadleśnictwo Niepołomice (powierzchnia leśna 10.512 ha) wchodzące w skład Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krakowie. Wielkość i struktura przestrzenna kompleksów leśnych oraz skład gatunkowy drzewostanów tworzących obecnie Puszcę Niepołomicką był podstawowym kryterium wyboru tego obszaru jako węzła systemu FOREMMS w 5 PR UE [Wężyk 2004]. Na powierzchni 66.3% dominuje sosna pospolita. Pozostały obszar tj. 19.3 % zajmowany jest przez dęby szypułkowy i bezszypułkowy oraz olszę czarną 10.8 %. Modrzew europejski oraz lipa tworzą drzewostany na 3,1 % powierzchni. Średni wiek drzewostanów wynosi około 65 lat.

Metodyka

W prezentowanej pracy wykorzystano barwne zdjęcia lotnicze (skala 1:26.000) obszaru Puszczy Niepołomickiej wykonane w dniu 19.08.1997 roku w godzinach przedpołudniowych, przy użyciu kamery RC 13047 ($c_k = 152,79$ mm) w ramach Programu PHARE (PL 9206 Land Information System). Nalotu dokonano w dwóch szeregach przebiegających na kierunku N-S. Opracowaniu podlegało 13 stereogramów (Ryc.1.).

Diapozytywy zdjęć były skanowane z rozdzielczością 1000 dpi. Opracowanie fotogrametryczne przeprowadzono na cyfrowej stacji fotogrametrycznej VSD-AGH [Jachimski, Boroń 1998]. Przed przystąpieniem do analiz niezbędne okazało się jednak przekonwertowanie zdjęć lotniczych do formatu akceptowanego przez oprogramowanie VSD-AGH co spowodowało dodatkową utratę informacji radiometrycznej (RGB \Rightarrow 256). Orientację wewnętrzną, wzajemną oraz bezwzględną stereopar zdjęć lotniczych wykonywano samodzielnie wykorzystując dostępne protokoły kalibracji kamery oraz współrzędne fotopunktów (GCP) pomierzonych w trybie DGPS w czasie prac terenowych realizowanych w lipcu 2002 (odbiorniki kartograficzne Pathfinder Pro XRS Trimble).



Ryc. 1. Pokrycie zdjęciami lotniczymi obszaru badań (PUWG „1965”, strefa I).

Do transformacji współrzędnych pomiędzy wykorzystywanymi układami (WGS84, odwzorowanie UTM, PUWG 1965 oraz PUWG 1992/19) wykorzystano oprogramowanie Geo-Trans (Geo-System) oraz ArcView (ESRI).

Opracowanie fotogrametryczne polegało na stereodigitalizacji obiektów (Tab. 1) w odpowiednich warstwach tematycznych. Każdej warstwie przyporządkowano nazwę i kolor linii, który wraz z przebiegiem wektorów zapisywany był w plikach *.DXF (Draw Exchange Format). Stacja VSD-AGH umożliwiała ponadto wczytanie do stereomodelu dodatkowej warstwy wektorowej (LMN) co znacznie ułatwiło i przyspieszyło proces kolekcji danych. Powstałe w wyniku stereodigitalizacji warstwy wektorowe importowano następnie do programu ArcInfo v.8.0 (ESRI). W zależności od typu obiektu (Tab.1) po przeprowadzeniu edycji błędów (niedociągnięcia linii) dokonywano sprawdzenia pod kątem poprawności topologicznej.

Opisane powyżej zdjęcia lotnicze były jednocześnie materiałem źródłowym dla ortofotomap cyfrowych zakupionych w WODGiK w Krakowie. Puszcza Niepołomicka należy do obszarów o niewielkich deniwelacjach terenowych, co znacznie ułatwiło wykonanie NMT. Jak wynika z informacji pochodzących z OPGiK w Krakowie (koordynatora - oraz jednego z wykonawców ortofotomap ze zdjęć lotniczych Programu PHARE w Małopolsce) dla obszarów leśnych Puszczy Niepołomickiej posługiwano się uproszczonym Numerycznym Modelem Powierzchni Terenu, w którym zastosowano średnią wysokość drzewostanu. Rozdzielczość terenową generowanej ortofotografii określono na poziomie 0,75 m. W porównaniu do

wielkości piksela zeskanowanego zdjęcia lotniczego wynoszącego 0,25 m (powierzchnia piksela wzrasta 9-krotnie) oznacza to generalizację szczegółów terenowych i inne wyniki fotointerpretacji.

Fotointerpretacja i wektoryzacja ekranowa ortofotografii cyfrowych przeprowadzana była w programie ArcView ver. 3.2 (ESRI) z zachowaniem jednolitego kodowania obiektów (Tab.1).

Tabela 1

Kody obiektów zastosowane podczas opracowania fotogrametrycznego zdjęć lotniczych i ortofotomap.

Charakterystyka obiektu	Typ	Kod obiektu
uprawa do 5 lat	Poligon	1
uprawa założona w 1997 r	Poligon	2
gniazdo tworzące wydzielanie	Poligon	3
kępa starodrzewia	Poligon	4
nieużytek po eksploatacji piasku	Poligon	5
zbiornik wody ppoż.	Poligon	6
uprawa liściasta do 5 lat	Poligon	7
lasy innych własności	Poligon	8
rów melioracyjny	Linia	9
przepust	Punkt	10
gniazdo, luka, przerzedzenie nie tworzące wydzielenia	Poligon	11
fragment wydzielenia nie objęty użytkowaniem	Poligon	0

W pracy posługiwano się leśną mapę numeryczną (LMN), która powstała na podstawie analogowych map gospodarczych (1: 5.000) i ewidencyjnych oraz rejestru współrzędnych graniczników (aktualność LMN na 31.12.1991 r. – grant KBN PB 900/PO4/98/15).

Wyniki i dyskusja

Pomiary współrzędnych fotopunktów GCP realizowano w oparciu o korekcję różnicową (DGPS w trybie *post-processing*) wykorzystując w tym celu stacje bazowe w Krakowie oraz w Zakopanem. Obserwacje trwały średnio 900 epok i prowadzone były w trybie statycznym. Zakres średniego błędu liniowego określenia

współrzędnych płaskich „X,Y” wyniósł około 0,11-0,34 m (baza A.R. Kraków) oraz 0,31–0,63 m (TPN Zakopane). Wartość błędu uzależniona była od warunków terenowych w jakich dokonywano pomiaru (otwarta przestrzeń, sąsiedztwo budynków, brzegu drzewostanu itp.). Średni błąd liniowy określenia współrzędnej wysokościowej „Z” kształtował się na poziomie (0,78-0,95 m).

Do przeprowadzenia orientacji bezwzględnej stereogramów wykorzystano 29 fotopunktów naturalnych. Średni błąd kwadratowy (RMS) dla 12 stereogramów wyniósł (pomimo użycia odbiorników kartograficznych DGPS) około 0,68 m. Przy wykonywaniu orientacji bezwzględnej zdjęć lotniczych w skali 1:10.000 dla obszaru Lasu Wolskiego w Krakowie, Wężyk [1998] uzyskał dokładność rzędu 1,3 m dla współrzędnych „X” i „Y” oraz 0,5 m dla „Z”. W swoich pracach Guzik [2001] dokonując orientacji lotniczych zdjęć archiwalnych terenu Tatr z roku 1965 i 1999 uzyskał błąd RMS rzędu 2,0 i 1,5 metra. Przy wykorzystaniu tych samych odbiorników w innym projekcie realizowanym w warunkach wysokogórskich, przy zdjęciach lotniczych CIR w skali 1:10.000, błędy aerotriangulacji kształtowały się na poziomie około 0,48 m dla XY i 1,08 m dla Z [Sztremer 2004; Wrzodak 2004]. W opracowaniach fotogrametrycznych terenów leśnych przeprowadzonych przez Będkowskiego [2000] średni błąd orientacji (RMS) wyniósł 3,85 m. W porównaniu do przytoczonych wyników oraz celu opracowania, uzyskany poziom dokładności dla zdjęć Phare 1:26.000 można uznać za wysoko zadowalający.

Standard Leśnej Mapy Numerycznej (SLMN) określa, że podkładem geodezyjnym dla tworzonych obecnie map może być istniejąca numeryczna mapa ewidencyjna lub w przypadku jej braku pierworsy map gospodarczych oraz wykaz współrzędnych punktów granicznych [Zarządzenie DGLP nr 41, 2004]. Istotnym utrudnieniem w interpretacji wyników niniejszej pracy był brak możliwości porównania uzyskanych wartości z danymi zawartymi w ewidencji powszechnej (obecnie wykorzystywana od roku 2003 LMN N-ctwa Niepołomice posiada już taką informację). Do porównań wykorzystano więc tylko dostępne w 2002 roku dane pochodzące z bazy geometrycznej LMN (stan na 1991r.). Określona na tej podstawie powierzchnia poszczególnych oddziałów (działek) może różnić się z opisem działek ewidencyjnych. Publikowane prace eksperymentalne wykazały, iż istniejące na leśnych mapach gospodarczych linie podziału powierzchniowego obciążone mogą być znacznymi błędami systematycznymi. Granice podziału powierzchniowego ustalone podczas prac urzędniowych w terenie obciążone są wysokim subiektywizmem taksatora i najczęściej powtarzane były przez dziesięciolecia [Kamińska, Karaszkiewicz 1994]. Istniejące rozbieżności w powierzchni oddziału (działki ewidencyjnej) pomiędzy danymi zawartymi w Państwowej Ewidencji Gruntów, SILP oraz bazie geometrycznej LMN stanowią obecnie coraz większy problem wymagający natychmiastowego rozwiązania.

W toku badań analizie poddano 39 oddziałów leśnych zgrupowanych w 8 obszarach testowych. Na podstawie przeprowadzonej stereodigitalizacji zdjęć lotniczych oraz wektoryzacji ortofotomap cyfrowych uzyskano dane pozwalające na porównawcze zestawienie powierzchni poszczególnych oddziałów z wartościami pochodzącymi z geometrycznej bazy LMN Nadleśnictwa Niepołomice. Różnice pomiędzy powierzchnią całkowitą 39 oddziałów zaczerpniętą z bazy geometrycznej LMN oraz opracowaniem fotogrametrycznym kształtuje się na poziomie 1,91%

(obliczone dla średniego oddziału i wartości bezwzględnych – Tab. 2). Przeprowadzona symulacja zaprezentowana w Tabeli 3 może świadczyć o niezgodności przebiegu granic w zakresie około 5 metrów (błąd mapy analogowej w skali 1:5.000 około 1,0 mm w jednostkach mapy). Różnice pomiędzy powierzchnią z LMN a uzyskaną z digitalizacji ortofotomapy (Tab. 2) były nieznacznie mniejsze i dla średniego oddziału wyniosły około 1,65% (błąd około 4 m wg symulacji – Tab. 3). Najmniejsze różnice (0,37%) wykazano pomiędzy powierzchniami ze stereodigitalizacji zdjęć lotniczych oraz wektoryzacji ekranowej ortofotomapy ([3]-[4] Tab. 2), co może wskazywać na wielkość około 1,0 metra w przypadku oddziału leśnego (Tab. 3). Należy przyjąć, iż dokładność geometryczna ortofotomapy z zasobu geodezyjnego powinna być wartością referencyjną. Problem stanowi jednak fotointerpretacja i stereodigitalizacja (3D) oraz wektoryzacja ekranowa (2D). Obowiązujący obecnie SLMN [Zarządzenie nr 41, 2004] nie pozwala na wykorzystanie materiałów fotogrametrycznych do pozyskiwania informacji o powierzchni oraz kształcie działek (oddziałów), natomiast możliwe jest ich wykorzystanie w odniesieniu do wydzielen (pododdziałów). W zasadzie SLMN [Zarządzenie nr 41, 2004] nie dopuszcza użycia zdjęć lotniczych czy ortofotomap w celu pozyskiwania informacji o oddziale (działka) a jedynie o wydzieleniu (pododdział). Wydawać by się więc mogło, iż powyższe dywagacje na temat zastąpienia tradycyjnych pomiarów geodezyjnych przez fotogrametrię do określania zasięgu oddziałów są zbędne. Są jednak sytuacje takie jak tragiczne skutki huraganowej wichury z lipca 2002, która zniszczyła kilkadziesiąt tysięcy ha Puszczy Piskiej. W przypadku takich zdarzeń nie sposób wyobrazić sobie prowadzenia tradycyjnych naziemnych pomiarów prowadzących do odtworzenia podziału powierzchniowego. W tym miejscu powinna zdecydowanie wkraczać fotogrametria wspierana technologiami DGPS.

Tabela 2

Różnice określenia powierzchni oddziałów.

Wartość błędu	Różnice w pow. oddziałów leśnych w stosunku do LMN			
	Stereodigitalizacja zdjęć lotniczych		Wektoryzacja ortofotografii	
	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]
Średnia	5114	1,91	4379	1,65
Minimalna	137	0,06	172	0,06
Maksymalna	13115	4,84	14436	5,32

Symulacje zaprezentowane w Tabeli 3 wskazują na znany fakt, iż różnice powierzchni są odwrotnie proporcjonalne do wielkości samych obiektów. Im mniejszy obiekt (np. wydzielenie drzewostanowe 800 m x 60 m) tym większe różnice powierzchniowe przy tych samych wartościach popełnianego błędu wprowadzania linii (1m; 2m; 3m; 4m – Tab.3). Te pozornie niewielkie różnice sięgające 1,91% mogą mieć swoje poważne konsekwencje w aspekcie powierzchni produkcyjnej.

Tabela 3

Symulacja zmian powierzchni oddziału i wydzielenia leśnego w zależności od wielkości popełnianego błędu digitalizacji granicy.

Cecha	Oddział					
	Różnica	1,0 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m
Długość [m]	800	801	802	803	804	805
Szerokość [m]	400	401	402	403	404	405
Powierzchnia [m ²]	320000	321201	322404	323609	324816	326025
Różnica [m ²]	-	1201	2404	3609	4816	6025
Procent [%]	-	0,4	0,8	1,1	1,5	1,9
	Wydzielenie					
Długość [m]	800	801	802	803	804	805
Szerokość [m]	60	61	62	63	64	65
Powierzchnia [m ²]	48000	48861	49724	50589	51456	52325
Różnica [m ²]	-	861	1724	2589	3456	4325,0
Procent [%]	-	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0

Kolejna analiza dotyczyła określenia przebiegu 110 wydzielen wewnątrz 8 obszarów testowych. Z badań wyłączone zostały te wydzielenia, w których w latach 1992–1997 (okres od wykonania mapy gospodarczo-przeładowej do wykonania nalotu fotogrametrycznego) wykonywane były prace zrębowe i odnowieniowe, a nie uwzględniono ich w operacie urzędzeniowym z 1991 roku. Uzyskane wyniki przedstawione w wartościach bezwzględnych zestawiono w Tabeli 4.

Tabela 4

Różnice określenia powierzchni wydzielen.

Wartość błędu	Różnice w pow. wydzielen leśnych w stosunku do LMN			
	Stereodigitalizacja zdjęć lotniczych		Wektoryzacja ortofotografii	
	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]
Średnia	2593	7,15	2533	6,91
Minimalna	17	0,07	0	0,00
Maksymalna	11084	38,22	12556	31,64

Powyższe wartości wskazują na dość znaczne różnice w określeniu powierzchni wydziałów taksacyjnych, a jedną z przyczyn może być błędne określenie przebiegu wydzielenia przez taksatora, który podczas prac inwentaryzacyjnych posługuje się mało dokładną metodą ciągów busolowych. Kolejnym powodem istnienia różnic jest utrudniona fotointerpretacja przebiegu granic wydziałów (oddziałów) w sytuacjach graniczenia ze sobą drzewostanów w zbliżonym wieku i innych cechach taksacyjnych [Będkowski 2000]. Z kolei korony drzew ze starszych klas wieku (wyższe drzewa) przesłaniają często przebieg granic. Stereodigitalizacja w obszarach zwarte go sklepienia drzewostanu prowadzona była po krawędziach koron drzew, przez co położenie niektórych granic wydziałów mogło zostać błędnie wniesione (w zależności od pochylecia pnia i promienia korony). W badaniach nad wykorzystaniem zdjęć lotniczych do taksacji leśnej, prowadzonych przez Piekarskiego [1998] określono, że 66% granic widocznych jest na zdjęciach wyraźnie, 32% jest niedostatecznie wyraźnych, a tylko 3% stanowią granice umowne. W cytowanych badaniach wykazano, że liczba wyłączeń taksacyjnych niezbędnych do ponownego zbadania w lesie nie przekracza 8%. W prezentowanej pracy podczas digitalizacji zdjęć lotniczych i ortofotomap korzystano z możliwości dodatkowego wyświetlenia w stereogramie istniejącej wektorowej LMN co praktycznie wyeliminowało obecność granic umownych i stanowiło znaczną pomoc.

W toku prac dokonano również porównania pomiędzy wartościami powierzchni 110 wydziałów uzyskanych w wyniku stereodigitalizacji zdjęć lotniczych (3D) oraz wektoryzacji ortofotomap (2D). Wartość średnia różnicy powierzchni kształtowała się na poziomie 770 m² (0,07 ha) przy średniej powierzchni wydzielenia 10,52 ha. Powodem zaistniałych rozbieżności mogą być różnice w rozdzielczości terenowej posiadanych materiałów (piksel zdjęcia lotniczego 0,25 m; ortofotomapy 0,75 m). Na osiągnięte wyniki wpływ może mieć także sposób przeprowadzonej digitalizacji. Fotointerpretacja obrazów na stacji VSD-AGH prowadzona jest w przestrzeni 3D (efekt stereoskopowy), co pozwala to na określenie struktury przestrzennej (wysokościowej) drzewostanów stanowiącej dodatkową cechę różnicującą wydzielenia. Uzyskany poziom różnic wydaje się jednak możliwy do zaakceptowania.

Na wielkość błędów powstających przy wektoryzacji ortofotografii wpływa w znaczny sposób jej jakość, tj. w głównej mierze dokładność Numerycznego Modelu Terenu wykorzystywanego w procesie ortorektifikacji. W przypadku terenu badań wykonawcy ortofotomap (OPGiK Kraków) zgodnie z przyjętą praktyką fotogrametryczną (brak jest jednoznacznie zdefiniowanych wytycznych technicznych w tej sprawie) posłużyli się uproszczonym Numerycznym Modelem Powierzchni Terenu (NMPT) reprezentującym średnią wysokość drzewostanów a nie odzwierciedlającym prawidłowy przebieg powierzchni po wierzchołkach drzew Puszczy Niepołomickiej. Przywołana powyżej praktyka fotogrametryczna zakłada, iż lasy stanowią obszary wyłączeń, dla których wystarczy założyć kilka pikiet wysokościowych w miejscach dostępnych do obserwacji. Niestety nie zawsze i nie we wszystkich obszarach jest to możliwe. Automatyczne generowanie NMPT w obszarach leśnych nastarcza często wielu trudności. Przykłady wcześniejszych prac wykazują, iż dokładność generowania NMPT ze zdjęć Phare 1:26.000 metodą

korelacji programem MATCH-T dla terenów leśnych jest rzędu 4-10 m [Kaczyński i in. 1999]. Różnicowanie powierzchni reprezentującej NMPT w obszarach leśnych jest naturalną konsekwencją gospodarki leśnej. Obok siebie mogą występować drzewostany 30 metrowej wysokości i obszary zrębów (upraw). Przyjęcie zgeneralizowanego NMPT (np. średniej wysokości dla wszystkich drzewostanów) może w konsekwencji prowadzić do nieprawidłowości związanych z lokalizacją obiektów na ortofotografii, wynikających z przesunięcia położenia wierzchołka korony drzewa w stosunku do nasady pnia (granicy wydzielenia). Węzyk i Mansberger [1997] w swoich badaniach wykazali dla ortofotomap obszarów leśnych (1:5000), że w przypadku drzewostanów o wysokości 20 m, położenie nasady pnia obarczone może być błędem dochodzącym do 4 mm. W przypadku stosowania NMPT prawidłowe położenie na ortofotografii uzyskuje tylko wierzchołek korony. W momencie użycia NMT (reprezentującego przebieg po gruncie) tylko nasada pnia (o ile jest widoczna) ma poprawną lokalizację. Cytowani autorzy wskazują na konieczność sprecyzowania powierzchni odniesienia (NMPT bądź NMT) przy generowaniu ortofotografii dla obszarów leśnych.

Przydatność zdjęć lotniczych oraz ortofotomap do aktualizacji warstwy geometrycznej leśnej mapy numerycznej potwierdza także Czuba [2000] oraz Kostka – Wiśniński [2000] sugerując wprowadzenie wymogu stosowania fotointerpretacji do ustalania granic obiektów powierzchniowych i liniowych w pracach urzędzeniowych IV rewizji.

Prezentowana praca miała także na celu wykazanie przydatności pod kątem dokonywania bieżącej aktualizacji LMN w oparciu o materiały fotogrametryczne. W wyniku przeprowadzonej fotointerpretacji zdjęć lotniczych oraz digitalizacji ortofotomap na terenie 8 leśnictw Puszczy Niepołomickiej zinwentaryzowano i wyodrębniono 97 obiektów, którym nadana została ranga wydzielenia taksacyjnego. Do kategorii „uprawa” zakwalifikowano 80 obiektów (kategorie 1,2,7 – Tab. 1) o łącznej powierzchni 165,59 ha (VSD-AGH) / 166,85 ha (ortofotografie). Pozostałe kategorie zajęły odpowiednio:

- kategoria 3 (gniazda zalesione) – 3,87 / 3,95 ha;
- kategoria 4 (kępy starodrzewia) – 0,59 / 0,59 ha;
- kategoria 5 (nieużytek po eksploatacji piasku) – 1,21 / 1,20 ha;
- kategoria 6 (zbiornik ppoż.) – 2,34 / 2,22 ha.

Różnica w powierzchni całkowitej uzyskanej w wyniku stereodigitalizacji zdjęć lotniczych a wektoryzacją ortofotomap wyniosła 1,17 ha. Otrzymany wynik można uznać za zadowalający, ze względu na trudną do oszacowania dokładność wyznaczania przebiegu granic wydzieleni osiąganą przez taksatora posługującego się w terenie taśmą i busołą, którego wyniki pracy przenoszone są na mapy leśne.

Powodem występowania różnic w wartościach powierzchni wydzieleni mógł być sąsiadujący zwykle z uprawami wysoki starodrzew, który rzucając cień utrudniał prawidłową interpretację przebiegu granicy wydzielenia. Na tego rodzaju komplikacje wskazuje także Będkowski [2000] analizując przydatność zdjęć lotniczych do pomiarów na kołowych powierzchniach próbnych. Podczas fotointerpretacji zdjęć lotniczych oraz digitalizacji ortofotografii znaczek pomiarowy stawiany był zwykle na powierzchni koron drzew, bądź jeżeli było to możliwe na odsłoniętym gruncie

(w miejscach gdzie granica wydzieleń była wyraźnie widoczna). W celu zmniejszenia wpływu cienia na przeprowadzaną fotointerpretację Piekarski [1998] sugeruje aby osie nalotu fotogrametrycznego ustalane były na kierunku E-W tj. równoległe do przebiegu linii podziału powierzchniowego.

Wnioski

Aktualizacja map gospodarczych dokonywana była do niedawna zwykle w cyklu 10 letnim wraz ze zmianą planu urządzania nadleśnictwa. Zaprzestanie stosowania w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia technik fotogrametrycznych w BULiGL spowodowało nawarstwienie się problemów w obecnym stanie ewidencji w obszarach leśnych. Stosunkowo niewielka precyzja wykorzystywanych dotychczas w pracach terenowych analogowych urządzeń geodezyjnych w połączeniu z trudno dostępnymi terenami leśnymi (widoczność, tereny górskie) i zaległościami geodezji, w efekcie prowadzi do rozbieżności pomiędzy bazami opisowymi systemu SILP (ich aktualizacja odbywa się na bieżąco), a bazą geometryczną LMN.

Obecnie dzięki zastosowaniu narzędzi geoinformatycznych takich jak: GIS, GPS, LMN, fotogrametria cyfrowa czy teledetekcja satelitarna możliwe jest równoczesne zarządzanie i aktualizacja danych pochodzących z baz opisowych jak i geometrycznych.

Zweryfikowana w oparciu o materiały teledetekcyjne np. LPIS 1:13.000 czy 1:26.000 [Preuss, Kurczyński 2002] LMN i cyklicznie aktualizowana (np. pomiar DGPS) ma szansę utrzymać wysoką aktualność.

Wykorzystanie skaningu laserowego do generowania NMPT drzewostanów może w przyszłości rozwiązać problem jakości ortofotomap obszarów leśnych jednak wysokie koszty pozyskania tych danych nie napawają optymizmem. Należy w związku z tym poszukiwać innych rozwiązań jak zobrazenia radarowe (SAR-Lupe, Terra SAR X).

Jednym z rozwiązań jakie należy pilnie przetestować dla technologii generowania ortofotografii jest wykorzystanie informacji o wysokości drzewostanów jakie zgromadzono w systemie SILP. Przy zachowaniu ich aktualności (np. stosowanie modelu przyrostu drzewostanów) możliwe byłoby wygenerowanie w Polsce NMPT na obszarze niemal 7,5 mln ha. W przypadku lasów poza własnością PGL LP można sięgnąć po model terenu jaki powstał podczas misji SRTM, po wcześniejszym określeniu jego przydatności dla określonych typów drzewostanów w warunkach lokalnych (np. górskich).

Istniejące od wielu lat rozbieżności w powierzchni oddziału (działki ewidencyjnej) pomiędzy danymi zawartymi w Państwowej Ewidencji Gruntów, SILP oraz bazie geometrycznej LMN stanowią obecnie coraz większy problem wymagający natychmiastowego rozwiązania.

Umowa z sierpnia 2004 pomiędzy GUGiK i DGLP o nieodpłatnym udostępnianiu ortofotomap lotniczych i satelitarnych dla potrzeb tworzenia LMN jest

Komentarz [lp1]: myślnik lepszy bo działka to nie zawsze jest oddział a różnice są właśnie gdy porównuje się pow. działki ew. według danych ze starostwa z pow. oddziału z SILP

Komentarz [lp2]: to bym tu usunął bo zamazuje treść tego wniosku

ogromną szansą na podniesienie jakości geodanych (weryfikacja i aktualizacja) wykorzystywanych w polskim leśnictwie.

Literatura

- Będkowski K., 2000. Pomiar fotolotniczych powierzchni próbnych w miejscach odwzorowania stałych-kontrolnych powierzchni próbnych. W: Kombinowana dwufazowa inwentaryzacja lasów nizinnych z wykorzystaniem zdjęć lotniczych i stałych-kontrolnych powierzchni próbnych. Miścicki S. (red.). Wydawnictwo Fundacji rozwoju SGGW. Warszawa. 47 – 60.
- Czuba M., 2000. Metody i techniki wykonywania okresowych inwentaryzacji stanu lasu oraz jego monitorowania w systemie informacji przestrzennej w lasach. W: Postępy techniki w leśnictwie. 73. Zarząd Główny SITLiD. Warszawa 7-19.
- Guzik M., 2001. Analiza zmian szaty roślinnej Tatr przy wykorzystaniu technik geomatycznych na przykładzie Doliny Bystrej i Suchej Stawiańskiej. Praca magisterska wykonana w Katedrze Ekologii Lasu, Laboratorium GIS i Teledetekcji AR w Krakowie.
- Jachimski J., Boroń A., 1998. Interpretacja i pomiary obrazów stereoskopowych z użyciem fotogrametrycznej stacji cyfrowej VSD. Kompleksowe wykorzystanie informacji ze zdjęć lotniczych. Część III. Szczegółowe aplikacje zdjęć lotniczych w różnych dziedzinach gospodarki narodowej. Kraków – Sieradz.
- Kaczyński R., Ziobro J., Ewiak I., 1999. Dokładność poszczególnych etapów generowania ortofotomap cyfrowych ze zdjęć Phare 1:26.000. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 9, s. 57-60.
- Kamińska G., Karaszkiewicz W., 1994. Badanie i ocena dokładności leśnej mapy gospodarczej. Sylwan, 5: 19 – 28.
- Kostka – Wiśniński S., 2000. Nowoczesne metody SIP przy ocenie stanu lasu w nadleśnictwie – teoria i praktyka. W Postępy techniki w leśnictwie. 73. Zarząd Główny SITLiD. Warszawa 30-34.
- Kurczyński Z., 1999. Zakończenie programu zdjęć lotniczych. Geodeta, Nr 2 (45).
- Piekarski E., 1998. Wykorzystanie zdjęć lotniczych w taksacji leśnej. Sylwan, 6: 81 – 83.
- Preuss R, Kurczyński Z., 2002. Koncepcja wytworzenia ortofotomapy dla potrzeb systemu identyfikacji działek rolnych – LPIS. Geodeta , Nr 8 (87).
- Sztremer M., 2004. Kartowanie szaty roślinnej Babiogórskiego Parku Narodowego z wykorzystaniem barwnych spektrostrefowych zdjęć lotniczych. Praca magisterska w Katedrze Ekologii Lasu, WL AR Kraków.

- Węzyk P., 1998. Techniki fotogrametrii cyfrowej, GIS oraz GPS w badaniach nad przestrzenną depozycją pyłów wybranych metali ciężkich na obszarze Lasu Wolskiego w Krakowie. *Archiwum Fotogrametrii Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 8. Kraków. 20 (1 –10).
- Węzyk P., 2004. Integracja technologii geoinformatycznych w systemie monitoringu i zarządzania ekosystemami leśnymi Europy na przykładzie projektu FOREMMS (5PR UE). *Teledetekcja Środowiska*, Nr 33, s. 75-81.
- Węzyk P., Mansberger R., 1997. Przykład wykorzystania ortofotografii cyfrowej i systemu GIS w leśnictwie. W: *Nowoczesna ortofotografia i GIS dla potrzeb gospodarki terenami*. *Archiwum Fotogrametrii Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 6. Kraków. 133 – 150.
- Wrzodak J., 2004. Kartowanie szaty roślinnej Tatr Wysokich z wykorzystaniem barwnych spektrostrefowych zdjęć lotniczych. . Praca magisterska w Katedrze Ekologii Lasu, WL AR Kraków.
- Zarządzenie nr 41, 2004. Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 7 czerwca 2004 r. w sprawie zmiany zarządzenia nr 74 Dyr. GDLP z dnia 23 sierpnia 2001 roku w sprawie zdefiniowania standardu leśnej mapy numerycznej dla poziomu nadleśnictwa oraz wdrażania systemu informacji przestrzennej w nadleśnictwach. GDLP Warszawa.

Recenzował: prof. dr hab. Józef Jachimski