

**HERONIM OLENDEREK, DARIUSZ KORPETTA,
EDWARD PIEKARSKI**

Ocena możliwości budowy i wykorzystania systemów informacji przestrzennej w leśnictwie polskim

**An Assessment of Possibilities for Construction and Use of Spatial
Information Systems in the Polish Forestry**

Wstęp

Początki informatyki w Lasach Państwowych datują się na lata siedemdziesiąte, kiedy to wprowadzono w działach finansowych jednostek organizacyjnych pierwsze maszyny liczące (Ascota, Feliks, Soemtron, Daro 1720, Elwro 523, Robotron A5110). W końcu lat osiemdziesiątych zaczęto instalować sprzęt klasy IBM PC by dojść do około 300 mikrokomputerów typu XT, AT oraz SX 386. Oprogramowanie pochodziło z kilkunastu źródeł, nie było jednorodne, dotyczyło przede wszystkim spraw finansowo-księgowych, kadrowo-płacowych, gospodarki magazynowej i obrotu drewnem (23). Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej (do 31.12.1991 wchodziło w skład Lasów Państwowych), użytkowało i użytkuje komputer ODRA 1305 przygotowując, na podstawie inwentaryzacji urządzeniowo-leśnej, kartotekę powierzchni leśnej i nieleśnej oraz pochodne opracowania tabelaryczne dla każdego obrębu i nadleśnictwa. Gromadzony w ten sposób od wielu lat bank danych jest podstawą do wieloletnich analiz. Będzie też źródłem zasilania wdrażanego aktualnie, zintegrowanego Systemu Informatycznego Lasów Państwowych ze szczególnym uwzględnieniem nadleśnictwa (SILP). System ma za zadanie zagwarantowanie jednolitego, uporządkowanego zbioru aktualnych informacji przyrodniczo-leśnych i techniczno-ekonomicznych, niezbędnych do prawidłowego prowadzenia i zarządzania gospodarką leśną na szczeblu nadleśnictwa, Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych i Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych (15).

Fakt wprowadzenia SILP jest podstawową okolicznością sprzyjającą i zarazem wymuszającą budowę systemów informacji przestrzennej, które stanowiąc będą rozwinięcie części tabelarycznej SILP o dystrybucję przestrzenną zapisanych danych. W Katedrze Urządzania

Lasu i Geodezji Leśnej SGGW od czterech lat prowadzone są badania naukowe i prace wdrożeniowe w tym zakresie (14, 15). Od 1992 r. realizowany jest przez pracowników Instytutu Badawczego Leśnictwa i Katedry temat: "Zastosowanie GIS w leśnictwie". W pracach tych wykorzystywany jest przede wszystkim pakiet programów PC ARC/INFO 3.4.1 D, ARC/INFO 6.1.1 i VGA ERDAS.

Prowadzone są prace mające na celu:

- opracowanie koncepcji systemu informacji przestrzennej leśnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem założeń techniczno-organizacyjnych związanych z tworzeniem geometrycznej bazy danych systemu oraz jego wykorzystania na różnych poziomach zarządzania;
- określenie metod budowy geometrycznej bazy danych na przykładzie map Nadleśnictwa Brzeziny i Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Rogowie,
- ocenę możliwości agregacji danych i wykorzystania systemu w skali regionu i całego kraju.

Budowa geometrycznej bazy danych nadleśnictwa

Pierwszym etapem prac, stanowiącym podstawę systemu, powinna być budowa geometrycznej bazy danych o charakterze leśnej mapy numerycznej. Leśna mapa numeryczna (10), rozumiana jako zbiór danych, który — po zastosowaniu ściśle określonych algorytmów i odpowiednich środków technicznych — umożliwi między innymi wykonanie różnorodnych (pod względem skali i treści) opracowań graficznych, może być traktowana jako system informacji o terenie, funkcjonujący na podstawie topologicznego modelu danych geometrycznych i bazy danych opisowych.

Budowa numerycznego modelu danych geometrycznych musi być prowadzona w sposób zapewniający wykorzystanie istniejących już opracowań kartograficznych (na ogół digitalizacja mapy zasadniczej i leśnej mapy gospodarczej), wyników bezpośrednich pomiarów geodezyjnych oraz przetwarzania zdjęć lotniczych i zobrazowań satelitarnych (5, 17). Ze względów ekonomicznych powinno się dążyć do szerokiego wprowadzania metod fotogrametrycznych w proces zbierania informacji o lesie (19, 20, 21, 1).

Oprogramowanie narzędziowe systemów informacji przestrzennej, które umożliwiają budowę zintegrowanych ze sobą baz danych przestrzennych i opisowych, może być wykorzystane w procesie konstruowania leśnej mapy numerycznej, choć nie jest to droga jedyna z możliwych do przyjęcia (22).

Na poziomie nadleśnictwa zagadnienie kartograficznego zobrazowania stanu obiektu musi uwzględniać aspekt geodezyjny i ewidencyjno-prawny. Numeryczna mapa nadleśnictwa powinna być wykonywana za pomocą technologii zapewniającej wymianę informacji z państwową ewidencją gruntów i spełniać wszystkie kryteria dokładnościowe stawiane przez służby geodezyjne. Wymagania te nie są łatwe do spełnienia, bowiem mapy zasadnicze dla terenów leśnych wykonano często w kroju obrębowym, bez prawidłowo nałożonej siatki układu współrzędnych "1965". Zdarzają się przypadki, że dla rozgraniczzonego prawidłowo w latach pięćdziesiątych obiektu leśnego nie istnieją wykazy współrzędnych punktów granicznych ze względu na zniszczenie danych obliczonych w układzie "1942" i

nie przeliczenie ich do nowego układu współrzędnych "1965". Trudno jest zrealizować najprostszy sposób wprowadzenia granic kompleksów leśnych do geometrycznej bazy danych nadleśnictwa polegający na zapisie przebiegu linii granicznej na podstawie współrzędnych punktów granicznych, co powoduje konieczność stosowania wielu rozwiązań, w zależności od konkretnej sytuacji i kompletności danych geodezyjnych dotyczących nadleśnictwa. W Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW opracowany został schemat postępowania gwarantujący otrzymanie, w miarę możliwości, jak najbardziej zbliżonego do rzeczywistości, obrazu rozmieszczenia gruntów wchodzących w skład nadleśnictwa (8). Inną komplikacją, wynikającą z organizacji służby geodezyjnej w Polsce, jest stosowanie układu współrzędnych dla map wielkoskalowych, w którym nie można zapisać w sposób jednolity obszaru całego kraju. Utajniono wzory przeliczeniowe z układu "1965" na inne, znane i implementowane w oprogramowaniu narzędziowym systemów informacji geograficznej układy współrzędnych. Może spowodować to duże trudności w prezentacji rozmieszczenia przestrzennego gruntów nadleśnictwa i agregacji danych na potrzeby prowadzenia analiz na poziomie regionu bądź całego kraju. W tym wypadku za bardzo trafną decyzję należy uznać edycję, przez Głównego Geodetę Kraju, map topograficznych wielkoskalowych dla celów gospodarczych w jednolitym układzie "1942" i próbę pokrycia Polski aktualną ortofotomapą, która może w przyszłości stanowić podstawę prowadzenia prac urządzeniowo-leśnych i być źródłem zasilania systemów informacji przestrzennej nadleśnictwa.

Leśna treść mapy (granice oddziałów, granice wyłączeń, drogi, rowy itd.) mogą być wprowadzane do systemu, różnymi metodami (m.in. zdjęcia spektrostrefowe — fotogrametria analityczna i cyfrowa (1, 3, 4), w niedalekiej przyszłości — zdjęcia satelitarne — ERDAS). Podstawowy zasób danych powstanie zapewne w wyniku digitalizacji.

Możliwe są dwie drogi postępowania — digitalizacja mapy zasadniczej i późniejsza digitalizacja mapy gospodarczej lub digitalizacja treści tylko mapy gospodarczej. Wybór wariantu zależy od kompletności materiałów geodezyjno-kartograficznych. W niektórych przypadkach konieczne będzie wykonanie dodatkowych pomiarów terenowych mających na celu określenie współrzędnych punktów, mogących stanowić podstawę transformacji arkuszy mapy leśnej podczas digitalizacji. Jedną z najbardziej efektywnych metod pomiaru może być technika GPS, której możliwości, dzięki uprzejmości firmy TOPCON i jej przedstawiciela w Polsce, testowano na terenie Nadleśnictwa Brzeziny.

W ramach prac badawczych wykonano digitalizację map zasadniczych i gospodarczych obrębu Regny Nadleśnictwa Brzeziny. Wykonawcy dysponowali 29 arkuszami uaktualnionych map zasadniczych wykonanych na folii kreślarskiej. Mapy te stanowiły podstawę budowy geometrycznej bazy danych dla części nadleśnictwa. Przyjęto następujący sposób postępowania podczas digitalizacji map zasadniczych:

- digitalizacja wszystkich punktów granicznych (wraz z numeracją);
- łączenie punktów granicznych odcinkami granicy zgodnie z mapą;
- nadanie atrybutów liniom granicznym — etap ten pozwala określić czy granica przebiega krawędziami posiadających powierzchnie obiektów wydłużonych (np. rowów, dróg itp.) oraz przypisać odpowiednią szerokość tym obiektom;

- buforowanie fragmentów linii granicznych, edycja buforów, integracja danych w jedną warstwę zawierającą graniczniki i linie graniczne wraz z fragmentami rowów, dróg (bądź innych obiektów wydłużonych) przylegających do granicy;
- digitalizacja linii podziału powierzchniowego i innych obiektów wydłużonych będących treścią mapy zasadniczej (wraz z przypisaniem szerokości obiektu);
- buforowanie, edycja buforów oraz integracja z wcześniej utworzonymi warstwami;
- digitalizacja treści mapy gospodarczej;
- etykietowanie wydzielen, linii podziału powierzchniowego, wydzielanych powierzchniowo obiektów wydłużonych;
- korekta;
- transformacja utworzonych warstw do jednolitego układu na podstawie współrzędnych punktów granicznych (dla części obiektu) oraz zidentyfikowanych punktów wspólnych na mapie topograficznej w skali 1:10 000 i mapie gospodarczej.

Dla każdego etapu prac została opracowana i zweryfikowana szczegółowa instrukcja postępowania; ustalono spójny z obowiązującą instrukcją urządzania lasu, system kodowania elementów powierzchniowych i liniowych.

W celu porównania pracochłonności tradycyjnych metod digitalizacji mechanicznej ze skanowaniem i późniejszą wektoryzacją treści mapy gospodarczej wykonano próbę polegającą na skanowaniu jednego arkusza mapy i późniejszej wektoryzacji uzyskanych zbiorów. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że metody obróbki zbiorów rastrowych nie są jeszcze doskonałe. Istnieje dużo narzędzi (programów komputerowych) implementowanych na komputery PC i stacje robocze, którymi można digitalizować materiał skanowany na ekranie komputera. Nie są jeszcze dostępne w Polsce programy, którymi można sprawnie wektoryzować automatycznie, bądź półautomatycznie, treść skanowanych map gospodarczych. Testowano następujące programy:

- Kamiscan współpracujący z programem AutoCad;
- Kamiscan współpracujący z programem Microstation (dzięki uprzejmości firmy KORDAB z Łodzi);
- PAFEC (oprogramowanie typu CAD na stacje robocze);
- RAVEN (oprogramowanie do kwersji rastrowo — wektorowych z elementami CAD).

Programy PAFEC i RAVEN testowano dzięki uprzejmości firmy ROEM z Warszawy.

Podjęte, dla typowego arkusza mapy gospodarzej, próby automatycznej bądź półautomatycznej konwersji rastrowo — wektorowej zbiorów uzyskanych w wyniku skanowania nie były efektywne — otrzymane zbiory wektorowe wymagały dużego nakładu pracy ręcznej na oczyszczenie (wektoryzacja automatyczna programem RAVEN) lub też oprogramowanie działało zbyt wolno (Kamiscan — Microstation). Pozytywne wyniki otrzymano digitalizując ręcznie na ekranie komputera podkład rastrowy. Podkreślić należy, że digitalizacja na ekranie komputera jest mniej męcząca i dokładniejsza od digitalizacji z użyciem digimetru mechanicznego. Łatwiejsza jest korekta i etykietowanie ze względu na możliwość ciągłego śledzenia treści mapy na ekranie komputera bez konieczności przenoszenia wzroku między ekranem i mapą.

Technologia skanowania powinna być podstawową metodą budowy geometrycznej bazy danych dla nadleśnictwa. Skanowanie umożliwi szybkie zapisanie map w postaci numerycznej i późniejszą, nawet częściową, wektoryzację w zależności od potrzeb użytkowników.

Różne technologie pozyskania informacji o punktach granicznych kompleksów leśnych oraz o szczegółach leśnych muszą być wyróżnione w systemie oraz musi być scharakteryzowana ich dokładność. Powierzchnie kompleksów leśnych, oddziałów, wyłączeń, dróg, rowów należy przyjąć do wszelkich analiz zgodnie z powierzchnią określoną w systemie (w okresie przejściowym, m.in. do momentu wprowadzenia zmian w ewidencji gruntów, będą funkcjonować dwa wykazy powierzchni — systemu informacyjnego i ewidencji gruntów).

Zakres prac przy budowie baz geometrycznych nadleśnictw, dla których prace kolejnej rewizji urządzania lasu będą miały miejsce dopiero w bliższej lub dalszej przyszłości powinien być ograniczony do:

- granic administracyjnych nadleśnictw (dotyczy to wszystkich nadleśnictw, a więc również tych, dla których wykonywana jest aktualnie kolejna rewizja urządzeniowo-leśna; digitalizacja z map 1:50 000),
- granic kompleksów leśnych (na podstawie współrzędnych punktów granicznych, lub w ostateczności — metodą digitalizacji),
- granic oddziałów (metodą digitalizacji),
- granic wewnętrznych w oddziałach na podstawie aktualnego operatu urządzania lasu.

Stopień realizacji przedstawionego hierarchicznie zakresu zależeć będzie od wielkości przeznaczonych na ten cel środków.

Źródłem danych dla wymienionych poziomów szczegółowości mogą być m.in. teledetekcja oraz bazy danych różnych resortów i systemów kwalifikacyjnych (np. podział administracyjny kraju, regionalizacja przyrodniczo-leśna, bazy Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej, GRID, CORINE). Budowa geometrycznej bazy danych nadleśnictwa jest najbardziej pracochłonnym elementem budowy systemu. Jej tworzenie powinno wyprzedzać termin rozpoczęcia funkcjonowania systemu w nadleśnictwie. Stąd istnieje pilna potrzeba wyprzedzającego rozpoczęcia budowy numerycznych map nadleśnictw przy użyciu dostępnych materiałów, technologii i środków.

Zasady funkcjonowania i możliwości wykorzystania systemu informacji przestrzennej w nadleśnictwie

System informacji przestrzennej umożliwia natychmiastowy dostęp do baz danych ułatwiając podejmowanie decyzji gospodarczych, pozwala prowadzić symulację stanów przyszłych, a tym samym wybierać najbardziej optymalne, w zmieniających się warunkach gospodarowania, warianty rozwiązań problemów racjonalnego zarządzania terenami leśnymi. Jednak przygotowanie leśników do skorzystania z możliwości systemów wymagać będzie przełamania istniejących nawyków i szkolenia kadry. Zakłada się, że system funkcjonował będzie na podstawie oprogramowania aplikacyjnego zbudowanego na pod-

stawie określenia potrzeb przyszłych użytkowników. Jednak ogromna różnorodność danych pierwotnych i przetworzonych, możliwość wzajemnego ich wikłania, w zasadzie wykluczają budowę systemu "pod klucz", opartego na gotowych receptach postępowania. Wymagać będzie to zatrudnienia w nadleśnictwach nie tylko operatorów systemu, ale także dobrze wykształconej kadry, znającej program narzędziowy, który był użyty do budowy aplikacji, posiadającej umiejętność postawienia niestandardowego pytania i uzyskania prawidłowej odpowiedzi.

System informacji przestrzennej budowany na poziomie nadleśnictwa umożliwi prowadzenie polichronicznych analiz porównawczych, które powinny być jednym z elementów kontroli prawidłowości gospodarowania na obszarach leśnych. Z uwagi na dostępną informację o lesie zapisaną w operatach kolejnych rewizji urządzania lasu można stosunkowo łatwo uzyskać obraz, kierunek i tempo zmian zachodzących w lesie. Ze względu na swoją niewrażliwość na zmiany granic (zewnętrznych i wewnętrznych) w tego rodzaju badaniach preferowane są rastrowe modele baz danych geometrycznych. Wybór sposobu zapisu informacji w rastrowej bazie danych musi uwzględniać możliwość wykonywania analiz nie tylko na wewnętrzne potrzeby leśnictwa, ale również wykorzystanie tych informacji w systemach konstruowanych dla potrzeb badania środowiska przyrodniczego. Ze względu na dużą popularność w Polsce systemu SINUS (6), należy dążyć w przyszłości do założenia dla nadleśnictwa rastrowej bazy danych zgodnej z tym systemem. Podstawowym czynnikiem decydującym o dokładności wykonywanych analiz jest dobór wielkości pola znaczonego (elementu rastra). Wielkość rastra jest związana z zasięgiem i skalą wykonywanych analiz. Pola znaczone systemu SINUS zapewniają łatwą agregację danych i umożliwiają przechodzenie od pól mniejszej wielkości (stosowanych w opracowaniach wielkoskalowych) do pól większych, bardziej odpowiednich dla potrzeb opracowań średnio i drobnoskalowych, mających większy zasięg terytorialny. Wyniki prac eksperymentalnych (11, 13), wskazują, że dla obszaru nadleśnictwa powinno być stosowane pole P-6 o wymiarach ok. 62,5 x 62,5 m, które zapewnia stosunkowo małe straty informacyjne przy przechodzeniu od geometrycznych baz wektorowych do baz rastrowych.

Analiza zmian zachodzących na terenach leśnych, prowadzona przy użyciu rastrowej bazy danych, pozwala na ocenę czynników zewnętrznych wpływających na środowisko leśne. Typowym przykładem może być analiza zmian w czasie i w przestrzeni siedliskowego typu lasu, bądź gatunku panującego drzewostanu — cech lasu silnie reagujących na czynniki antropogenne. Badania zmian mogą posłużyć również do oceny prawidłowości wykonania kolejnych planów urządzania lasu, bądź wskazać miejsca, dla których powinno się wykonać powtórna, kontrolną, inwentaryzację stanu lasu.

Badania nad wykorzystaniem pól znaczonych systemu SINUS na poziomie nadleśnictwa prowadzone są w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW na obszarze Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Rogowie. Wyniki tych prac w pełni potwierdzają przydatność polichronicznych badań przestrzennych prowadzonych na poziomie nadleśnictwa za pomocą rastrowych baz danych (18).

Funkcjonujący system informacji przestrzennej zapewni możliwość wykonywania wielowariantowych analiz przestrzennych, usprawniając procesy planowania i bieżącej kontroli między innymi (7):

- w przypadku katastrof (analiza zdjęć lotniczych, inwentaryzacja, prace urządzeniowe),
- w procesie integracji ochronnych i gospodarczych funkcji lasu, przy uwzględnieniu jego trwałości,
- przy przestrzennym sprawdzaniu wariantów planistycznych (np.: symulacja spływu wody za pomocą numerycznego modelu terenu),
- przy analizie oraz przedstawianiu zmian (rozwoju) drzewostanów i kompleksów leśnych, w nawiązaniu do sporządzanych wcześniej planów urządzeniowo leśnych,
- przy tworzeniu map na podstawie modeli wzrostowych drzewostanów,
- przy opracowaniu "map ryzyka".

Możliwości wykorzystania systemu informacji przestrzennej na poziomie RDLP i DGLP

Informacja o aktualnym stanie lasu gromadzona w systemach informacji przestrzennej funkcjonujących na poziomie nadleśnictwa powinna, po odpowiedniej agregacji danych, docierać na szczebel regionu (Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych) i dalej na poziom ogólnokrajowy (Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych). Funkcjonujące na tych poziomach systemy informacji przestrzennej będą pozwalały na ocenę stanu lasu w skali szerszej, ułatwiając między innymi wykrywanie zjawisk niekorzystnych (np.: prognozy gradacji szkodników) oraz usprawniając podejmowanie decyzji umożliwiających rozwój leśnictwa (np. plany zalesień).

Przykładem zastosowania systemów informacji przestrzennej na poziomie regionu i kraju może być wykonanie w 1992 i 1993 r. przez Katedrę Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW w systemie PC ARC/INFO różnorodnych kartograficznych opracowań tematycznych, w układzie nadleśnictw, województw i gmin, obrazujących m.in. zagrożenia gradacjami szkodników pierwotnych i wtórnych, zagrożenia przez grzyby, defoliację i ubytek aparatu asymilacyjnego dla drzewostanów sosnowych, elementy zagrożenia emisjami przemysłowymi, kondycję finansową nadleśnictw, koszty działalności ogólnej, koszty pielęgnacji lasu, aktualne i potencjalne możliwości wykonania zalesień i rozwoju leśnictwa.

Zbudowano numeryczną mapę regionalizacji przyrodniczo-leśnej wraz z bazą danych charakteryzujących mezoregiony, dzielnice i krainy przyrodniczo-leśne oraz NMT kraju (na podstawie mapy geograficznej).

System PC ARC/INFO wykorzystano również do modelowania gospodarki łowieckiej w lasach, przygotowując, za jego pomocą opracowania kartograficzne obrazujące niektóre problemy gospodarki łowieckiej na tle przyrodniczego zróżnicowania i podziału administracyjnego nadleśnictw i regionalizacji przyrodniczo-leśnej.

Możliwości wprowadzania systemu informacji przestrzennej w nadleśnictwie

SIPL powinien być projektowany w następujących etapach (9, 12):

- opracowanie zarysu generalnej koncepcji projektowej,
- opracowanie projektu generalnego,
- opracowanie projektu technicznego,
- opracowanie programu użytkowego (aplikacji),
- wdrożenie systemu na obiekcie pilotowym zgodnie z projektem technicznym,
- korekty i modyfikacje projektu technicznego,
- zakup oraz instalacja sprzętu i oprogramowania.

Wdrażanie systemu obejmuje:

- szkolenie,
- zasilanie i aktualizację bazy danych,
- operacyjne wykorzystanie systemu.

Przyjmuje się, że ze względu na wszechstronność i zgodność z rozwiązaniami stosowanymi w innych resortach, podstawowym pakietem programów służących do budowy systemu informacji przestrzennej dla nadleśnictwa powinien być pakiet ARC/INFO; ERDAS zaś — pakietem uzupełniającym.

Budowany System Informacji Przestrzennej Leśnictwa spełniający dwie podstawowe funkcje:

- inwentaryzacja i monitoring zasobów,
- analiza przestrzenna tj. modelowanie i prognozowanie oraz ustalenie strategii racjonalnego zarządzania gospodarką leśną (wspomaganie procesów decyzyjnych, produkcja, ochrona, użytkowanie i marketing, edukacja ekologiczna)

musi uwzględniać istniejące i przyszłe realia w zakresie zastosowań Systemów Informacji Przestrzennej w Polsce.

Docelowo będą w Polsce prawdopodobnie funkcjonować: numeryczna mapa zasadnicza, numeryczna ewidencja gruntów (kataster gruntów), kataster przewodów (przede wszystkim na terenie miast), kataster budynków oraz zbiory informacji prowadzone przez poszczególne jednostki administracji lokalnej, państwowej (województwie) oraz o charakterze ogólnokrajowym (GUS, GRID, CORINE i inne). Nie da się niestety przewidzieć odpowiednika czasowego dla słowa "docelowo". Stan mapy zasadniczej kraju, numerycznych map topograficznych, a przede wszystkim ewidencji gruntów nie jest dobry. Brak jest w tym ostatnim temacie nawet odpowiednich instrukcji. Z drugiej strony Lasy Państwowe wprowadzając SIPL muszą brać pod uwagę zarówno problemy dokładności geometrycznej bazy danych, problemy organizacyjno-prawne ewidencji, jak i potencjalne korzyści natury ekonomicznej (rekompensat za udostępnianie baz danych). Stąd są łatwe do udowodnienia dwie tezy:

- SIPL powinien obejmować nie tylko Lasy Państwowe ale również parki narodowe oraz powinien być spójny z innymi systemami o charakterze krajobrazowym,

- tworzone geometryczne bazy danych powinny mieć dokładność, którą zaakceptuje Państwowa Służba Geodezyjna, mając na uwadze przede wszystkim numeryczną ewidencję gruntów.

SIPL powinien dostarczać m.in. informacji na potrzeby planowania, zagospodarowania przestrzennego oraz systematycznie aktualizowanych danych o zachodzących relacjach na ustalonych obszarach, zapewniać dopływ informacji w procesach podejmowania decyzji, kierowania regionem i kontroli działalności odpowiednich struktur organizacyjnych.

Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że nie ma możliwości stworzenia jednakowo szczegółowego i jednakowo dokładnego SIPL dla wszystkich nadleśnictw, dla których wykonywana jest kolejna rewizja urzędniowo-leśna. Należy zobowiązać wykonawców do obowiązkowego tworzenia numerycznej mapy nadleśnictwa. Wykonawcy prac urzędniowo-leśnych mogą tworzyć takie mapy za pomocą dowolnego oprogramowania. Postępowanie to jest zalecane przez najnowszą Instrukcję Urządzania Lasu. Realizowany w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW temat "Opracowanie wytycznych budowy planu urządzania lasu oraz bieżąca aktualizacja i stosowanie planu urządzania lasu" (projekt "Brzeziny") zakłada powstanie numerycznej mapy nadleśnictwa przy zastosowaniu różnych technologii (5).

Przełamana zostanie prawdopodobnie kolejna bariera utrudniająca racjonalizację zapisu numerycznego terenu nadleśnictwa. Działką ewidencyjną będzie kompleks leśny, a nie — jak dotychczas — oddział. Granice kompleksów leśnych muszą być wprowadzane do systemu, w miarę możliwości, na podstawie współrzędnych. Eksperyment "Brzeziny" wykazał, że niestety nie zawsze jest to możliwe. Ponieważ wprowadzane do systemu współrzędne punktów granicznych służą do transformacji leśnej treści mapy, przede wszystkim dla potrzeb podniesienia dokładności, ale również dla potrzeb kontrolnych, musi być wykonany dodatkowy pomiar (dalmierze elektroniczne, GPS).

Do wprowadzania systemów informacji przestrzennej w leśnictwie konieczne jest:

- określenie warunków organizacyjno-prawnych,
- ustalenie zakresu zbiorów danych dla różnych poziomów systemu,
- zinwentaryzowanie i ocena dokładności wszystkich możliwych źródeł danych,
- optymalizacja stosowanych modeli przestrzennych a zwłaszcza optymalizacja map leśnych,
- doskonalenie sposobów pozyskiwania danych dla potrzeb systemów.

Wiodącą rolę w zakresie technicznym i technologicznym systemów informacji przestrzennej powinna pełnić geodezja i kartografia.

Bardzo ważne są ekonomiczne aspekty wprowadzania GIS do gospodarstwa leśnego. Aspekty te, wynikające ze stosowania GIS w codziennej praktyce przedsiębiorstwa leśnego, bilans kosztów i zysków, są jednak obszarem zupełnie nierozpoznanym (3).

Systemy informacji przestrzennej powinny znaleźć się w programach nauczania wydziałów leśnych (19).

Podsumowanie

Wprowadzenie systemów informacji przestrzennej na poziomie nadleśnictwa umożliwi racjonalizację dotychczasowych działań przez (4):

- obniżenie kosztów opracowań kartograficznych,
- poprawę jakości map,
- podniesienie aktualności map,
- produkcję nowych map tematycznych,
- produkcję dowolnej liczby kopii map, w tym w układzie modułowym (oddział, kilka oddziałów, uroczysko),
- automatyzację obliczeń powierzchni i długości obwodu jednostek topologicznych (oddziałów, wydzieleni, dróg itp.),
- uzyskanie informacji o obiektach zlokalizowanych w przestrzeni.

Zapisane w leśnych systemach informacji przestrzennej na poziomie nadleśnictwa dane mogą być przekazywane do ponadbranżowych (krajowych, regionalnych) systemów informacyjnych i wykorzystywane w takim działaniu jak: zarządzanie zasobami przyrodniczymi, monitoring środowiska, prognozowanie i modelowanie zachodzących w nim procesów.

Literatura

1. **Będkowski K.** Cyfrowe przetwarzanie zdjęć lotniczych w taksacji lasu. Materiały Sympozjum Naukowego "60-lecie Polskiego Towarzystwa Fotogrametrycznego". Warszawa 22–24 maj, 1991.
2. **Będkowski K.** Video-Stereo-Digitizer i możliwości jego zastosowania w przetwarzaniu treści obrazów obszarów leśnych. *Las Polski*, 4, s. 16–17, 1994.
3. **Będkowski K.** Niektóre, ekonomiczne aspekty wprowadzania GIS do gospodarstwa leśnego. *Sylwan* 3, str. 21–30, 1994.
4. **Będkowski K., Korpetta D., Olenderek H.** Miejsce fotogrametrii i systemów informacji przestrzennej przy sporządzaniu map leśnych w nowych technologiach budowy planu urządzania lasu. Materiały Seminarium "Opracowanie cyfrowych map dla potrzeb rolnictwa z wykorzystaniem metod fotogrametrii i teledetekcji. Kraków", 14 maja, 1993.
5. **Borecki T., Korpetta D., Mozgawa J., Olenderek H., Piekarski E.** Use of Photogrammetry and GIS in Forest Inventory in Poland. Proceedings International Conference "Forest, Environment and New Technology in Northern Europe", Petrozavodsk, September 20–23, 1993.
6. **Ciołkosz A., i inni.** System informacyjny o środowisku przyrodniczym. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa, 1990.

7. **Hinrichs A., Schwunn E., Zintel M.** Geographische Informationssysteme in der Forstwirtschaft. Eine Einführung in die Arbeitsweise miteinem Anwendungsbeispiel zur Sturmschadensanalyse. Arbeitspapier 7, Institut für Forsteinrichtung und Forstliche Betriebswirtschaft. Freiburg, 1992.
8. **Korpetta D., Olenderek H.** Koncepcja budowy numerycznej bazy danych geometrycznych dla nadleśnictwa w warunkach polskich. Las Polski, 3, str. 4–6, 1993.
9. **NEOKARTGIS.** Koncepcja organizacyjno-techniczna funkcjonowania systemu informacji przestrzennej w nadleśnictwie. Sprawozdanie z zadania zleconego przez Katedrę Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW w ramach tematu "Geodezyjne i kartograficzne aspekty zastosowania GIS w leśnictwie". Maszynopis, 1993.
10. **Olenderek H.** Koncepcja i technologia sporządzania leśnej mapy numerycznej. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa 1982.
11. **Olenderek H. i inni.** Fotogrametryczne, teledetekcyjne i kartograficzne metody oceny struktury przestrzennej kompleksów leśnych w krajobrazie ekologicznym terenów Polski północno-wschodniej. Dokumentacja badań. Wydział Leśny SGGW, 1991.
12. **Olenderek H. i inni.** Sprawozdanie etapowe z zadania "Geodezyjne i kartograficzne aspekty zastosowania GIS w nadleśnictwie" zleconego przez IBL w ramach tematu: "Zastosowanie GIS w leśnictwie". Maszynopis, Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW, 1994.
13. **Olenderek H., Korpetta D.** Możliwości wykorzystania Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego (SINUS) do oceny stanu i zmian terenów leśnych w skali nadleśnictwa. In.: Metody oceny stanu i zmian zasobów leśnych. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa, 1991.
14. **Olenderek H., Korpetta D.** Możliwości wykorzystania systemów informacji przestrzennej na poziomie nadleśnictwa. Materiały Sympozjum "Metody numeryczne w leśnictwie". 7 maja, Politechnika Warszawska 1992.
15. **Olenderek H., Korpetta D.** Systemy informacji przestrzennej w leśnictwie polskim — stan i perspektywy rozwoju. Materiały II konferencji naukowo-technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej". 25–27 października, Warszawa, 1992.
16. **Olenderek H., Będkowski K., Korpetta D., Piekarski E.** Photogrammetrie und Raumbezogene Informationssysteme in der Polnischen Forstwirtschaft. Proceedings International Symposium: "Application of remote sensing in forestry" Zvolen, September 22–24, 1993.
17. **Olenderek H., Korpetta D., Kamińska G.** Metody geodezyjne w ocenie stanu lasu. Materiały konferencji "Metody oceny stanu lasu — stan aktualny i kierunki ich doskonalenia". 26 listopada Warszawa, 1992.
18. **Olenderek H., Korpetta D., Kamińska G.** Numerical terrain model as a base for forest environment research in the range of forest superintendency and whole country. Materiały Konferencji "Climate and atmospheric deposition monitoring studies in forest ecosystems". Nieborów 7–9 października, 1992.

19. **Olenderek H., Korpetta D., Nowicki A.**, Development of Land Information Systems for the Forest Districts, National Parks, and Historical Parks in Poland. University Education in that Direction at WAU. Proceedings Second Seminar "Education in Land Information Systems 93", June 7–9, London, 1993.
20. **Piekarski E., Olenderek H., Korpetta D.** Fotogrametria i systemy informacji przestrzennej w urządzaniu lasu w warunkach polskich. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, seria B, nr 15, s. 114–133, 1993.
21. **Piekarski E., Będkowski K.** Wykorzystanie zdjęć lotniczych w stratyfikacji drzewostanów. Przegląd Geodezyjny, 8, 1991.
22. **Wilkowski W., Gedymin W., Wasielewska B.** Wielokolorowa mapa numeryczna w układzie modułarnym. Materiały sympozjum "Metody numeryczne w leśnictwie". Warszawa, 7 maja, 1992.
23. **Zieliński J.** Informatyka w Lasach Państwowych. Materiały pomocnicze dla uczestników szkoleń związanych z wdrożeniem ustawy o lasach. SITLiD, Zarząd Główny, Wydawnictwo Świat, Warszawa, 1992.

*Z Katedry Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej
SGGW w Warszawie*

Summary

Introduction of the Informatic System of State Forests into forestry is a factor which forces creation of Geographical Information System (GIS). GIS makes it possible to store and process spatial data. The first phase is to build geometrical data base using base maps and forest management maps as a main source of input data. This paper discusses also the rules and possibilities of application of GIS at the levels of Forest Division, Regional Directorate of State Forests and General Directorate of State Forests.