

MICHAŁ ZASADA, CHRIS J. CIESZEWSKI

Wielkoobszarowa inwentaryzacja lasów w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej

Forest inventory in the United States of America

Abstract. This article describes a national inventory program of the United States of America called Forest Inventory Analysis (FIA). It is the largest and the most significant program of the United States Department of Agriculture Forest Service (USDA FS), providing the information needed to assess the status and development trends of all forests in the United States of America. The program collects and reports information on extent of forests, their size and species composition of forests and on forest growth and mortality rates, forest land ownership patterns, rates and efficiency of wood utilization, and forest health and sustainability. The information provided by this service is vital for the general public, private and public organizations, business enterprises, researchers, consultants, and private citizens, and its scope is scheduled to grow in the coming years. The current annual budget of the US annual forest inventory program is about of \$50 mil. This article presents the history of this program, its current organization, which is undergoing significant changes from the past years, and directions of future development and implementation.

Keywords: National inventory, remote sensing, systematic sampling, continuous annual inventory.

Wstęp

Prowadzenie gospodarki leśnej na dużych obszarach i kształtowanie polityki leśnej wymagają bieżącej i dokładnej informacji o zasobach leśnych i ich zmianach. Informacje te powinny dotyczyć powierzchni i struktury przestrzennej lasów z uwzględnieniem różnych form własności, struktury wiekowej, składu gatunkowego i zdrowotnego, użytkowania i przyrostu. Najczęściej używanym sposobem uzyskania takich informacji jest inwentaryzacja wielkoobszarowa oparta na podstawach statystycznych i wspomagana narzędziami geomatycznymi (Rosa 1967, Borecki i Zajączkowski 1988, Bruchwald 2000).

Teraz, kiedy w Polsce przygotowywana jest nowa instrukcja sporządzania wielkoobszarowej inwentaryzacji lasów kraju, jest dobrą okazją do przedstawienia sposobów przeprowadzania inwentaryzacji w innych krajach – zwłaszcza tych, których powierzchnia i wielkość zasobów powodują, że musi być ona szczególnie starannie przygotowana. Jednym z takich krajów są niewątpliwie Stany Zjednoczone Ameryki Północnej – czwarty pod względem powierzchni lasów kraj na świecie (UNEP 2001), którego lasy zajmują obszar 298 milionów hektarów (Smith i in. 1994).

Leśnictwo amerykańskie znajduje się obecnie w fazie bardzo szybkich zmian i przeobrażeń. Wpływy publiczne, zwłaszcza na zachodzie kraju, znacznie zmniejszyły rozmiar pozyskiwania drewna w lasach państwowych. W odpowiedzi spodziewane jest znaczące zwiększenie użytkowania w innych regionach kraju, zwłaszcza na południowym wschodzie. Ponadto zanieczyszczenie powietrza w niektórych regionach, zwiększone zagęszczenie ludności, rozbudowa terenów zurbanizowanych i inne zmiany ekonomiczne i środowiskowe mogą dodatkowo zmniejszyć rozmiar użytkowania. Istniejąca sytuacja jest związana z coraz częściej pojawiającymi się obawami, czy gospodarka leśna USA prowadzona jest w sposób zrównoważony. Głosy te pochodzą od leśników, twórców polityki leśnej, ekologów i przemysłu drzewnego.

Taka sytuacja zmian w lasach Stanów Zjednoczonych powoduje duże zapotrzebowanie na dokładną i aktualną informację o lasach w skali całego kraju i poszczególnych stanów. Opisany poniżej program wielkoobszarowej inwentaryzacji lasów Stanów Zjednoczonych (Forest Inventory Analysis – FIA) został stworzony właśnie w celu dostarczenia takich informacji (USDA 1992, Reams i in. 1999).

Historia inwentaryzacji

Pierwsze informacje na temat inwentaryzacji lasów w Stanach Zjednoczonych pochodzą z raportu o zasobach surowca drzewnego opublikowanego w 1920 roku. Kilka lat później, w 1928 roku, Kongres opublikował po raz pierwszy prawo wymagające prowadzenia inwentaryzacji lasów kraju. Pierwsza regularna inwentaryzacja zaczęła się w 1930 roku w stanie Oregon i zaraz potem również w innych regionach tak, że do 1938 roku pomiarami objęto około 115 milionów hektarów lasów. Pierwsze pomiary wykonywane były na powierzchniach o wielkości około 10 arów, zlokalizowanych na pasach biegnących przez tereny leśne. Po II wojnie światowej Amerykański Departament Leśnictwa – Służba Leśna (USDA Forest Service) intensywnie kontynuowała inwentaryzację używając do tego celu pomiarów opartych na stałych kołowych powierzchniach próbnych rozmieszczonych losowo na siatce kwadratów. Koniec lat czterdziestych to początek używania zdjęć lotniczych do szacowania powierzchni lasów. W latach pięćdziesiątych i wczesnych sześćdziesiątych zaczęto znacznie większą uwagę przywiązywać do bardziej zaawansowanych metod statystycznych. Zastosowanie znalazło 2- i 3-fazowe losowanie warstwowe, gdzie zdjęcia lotnicze używane były do stratyfikacji powierzchni leśnych (Choynacki 1998, Frayer i Furnival 1999).

Okresowa inwentaryzacja oparta była na cyklach o długości od 10 do 15 lat. Z powodu opóźnień w obróbce tak wielkiej ilości danych czas ten często wydłużał się jeszcze bardziej. Kiedy zmiany w użytkowaniu gruntów i zasobów leśnych stały się niezmiernie szybkie, jak ma to miejsce współcześnie, informacja pochodząca z inwentaryzacji okresowej była często nieaktualna. Pojawiła się więc idea reorganizacji programu inwentaryzacji i przekształcenia jej w bardziej spójny system pomiarów corocznych.

Coroczna inwentaryzacja lasów

Przyspieszone tempo zmian w użytkowaniu terenów leśnych, duża konkurencja na rynku drzewnym, potrzeba prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej i konieczność zaspokojenia potrzeb różnych grup społecznych wymagają dokładnej i bieżącej informacji o zasobach leśnych. W odpowiedzi na to zapotrzebowanie w 1992 roku rozpoczęły się coroczne pomiary powierzchni próbnych w stanie Minnesota. W 1997 roku opublikowany został raport znany jako Forest Inventory Analysis Second Blue Ribbon Panel Report (AF&PA 1998). Jego główną ideą było doprowadzenie do polepszenia aktualności, dokładności, dostępności i zakresu inwentaryzacji lasów Stanów Zjednoczonych między innymi przez:

- wprowadzenie corocznej inwentaryzacji we wszystkich Stanach,
- zapewnienie inwentaryzacji wszystkich gruntów leśnych, niezależnie od formy własności,
- dostarczanie danych związanych z produkcyjnymi i nieprodukcyjnymi funkcjami lasów,
- połączenie programów inwentaryzacji i monitoringu zdrowotności lasu,
- zwiększenie wykorzystania technik teledetekcyjnych.

Wydanie tego dokumentu spowodowało wprowadzenie znacznych zmian w organizacji inwentaryzacji lasów. Przede wszystkim cały okresowy system inwentaryzacji zmieniony został na system coroczny. W każdym Stanie corocznie pomiarowi podlegać ma 10 do 20% powierzchni próbnych (USDA 1998). Nowy system inwentaryzacji ma dać możliwość kompilacji zgromadzonych danych tak co roku, jak i po skończonym cyklu inwentaryzacji. Planuje się, że szczegółowe, analityczne raporty na poziomie Stanu, będą publikowane w odstępach pięcioletnich. Nowy program obejmuje również pobieranie próby rozszerzonego zestawu zmiennych, jak na przykład typ gleby, zespoły roślinne czy kondycja koron drzew. Rozszerzenie to nastąpiło po włączeniu do inwentaryzacji lasów części powierzchni obserwowanych do tej pory przez program monitoringu zdrowotności lasu (Forest Health Monitoring Program – FHM). Założenia te są obecnie częścią uregulowań prawnych wydanych w 1998 roku przez Kongres USA (Cost 1999). Dokument ten zakłada również całkowite wdrożenie systemu corocznego we wszystkich regionach kraju w czasie 5 lat, czyli do końca 2003 roku.

Metodyka

Inwentaryzacja lasów prowadzona w Stanach Zjednoczonych oparta jest na losowaniu warstwowym ze stratyfikacją (Chojnacki 1998). W pierwszej fazie używane są zdjęcia lotnicze do stratyfikacji inwentaryzowanych gruntów pod względem kategorii użytkowania (las, tereny rolnicze, tereny zurbanizowane i wody) i określenia udziału powierzchni poszczególnych rodzajów pokrycia terenu. Informacja o całkowitej powierzchni inwentaryzowanego obiektu (stanu) i poszczególnych jednostek administracyjnych (counties) pochodzi ze źródeł zewnętrznych, czyli raportów amerykańskiego Urzędu Statystycznego (Bureau of Census). Dla obszarów leśnych stosuje się bardziej szczegółową klasyfikację

gruntów, obejmującą na przykład typ własności, miąższość, zagęszczenie czy wiek. Na zdjęciach lotniczych w tej fazie analizy klasyfikacji podlega zwykle 1 punkt przypadający na powierzchnię około 95 hektarów (Reams i Van Deusen 1999). Współcześnie coraz intensywniej testuje się możliwość wykorzystania na tym etapie zdjęć satelitarnych (zwłaszcza z satelitów Landsat TM).

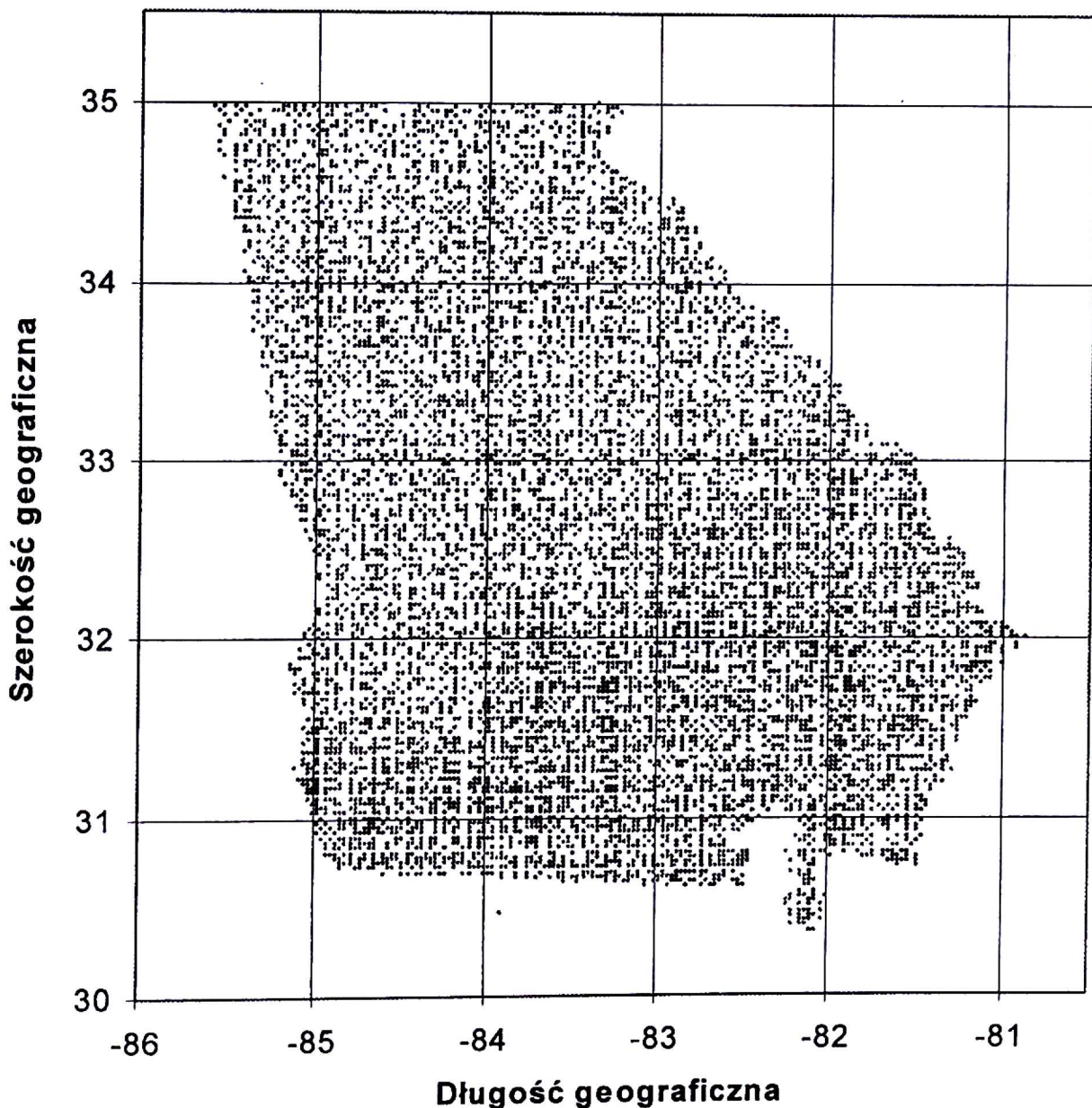
W drugiej fazie mierzone są powierzchnie próbne zlokalizowane na gruncie. Na terenach leśnych drużyny pomiarowe gromadzą pomiary drzew oraz szczegółową charakterystykę warunków siedliskowych. Pomiary i obserwacje terenowe zapisywane są za pomocą elektronicznych rejestratorów. Powierzchnie próbne zakwalifikowane jako leżące na gruntach nieleśnych są również wizytowane przez taksatorów w celu szczegółowego określenia klasy użytkowania gruntu. Dane z inwentaryzowanych powierzchni są też uzupełniane informacjami pochodzącymi z monitoringu zdrowotności lasu (FHM) (USDA 1992, Roesch i Reams 1999).

Powierzchnie podlegające pomiarowi zakładane są jako stałe powierzchnie próbne. Położone są one na regularnej siatce kwadratów o wymiarach 4,86×4,86 kilometra (3×3 mile), czyli jedna powierzchnia próbna reprezentuje obszar mniej więcej 2,350 hektarów. Lokalizacja powierzchni określana jest z dużą precyzją za pomocą odbiorników GPS (średni błąd szacowany jest na mniej niż 10 metrów). Przykładowy schemat położenia powierzchni próbnych, pochodzący ze stanu Georgia, przedstawiono na rycinie 1. Szczegółową lokalizację powierzchni na siatce kwadratów przedstawia rycina 2.

W czasie rozwoju inwentaryzacji lasów w Stanach Zjednoczonych stosowane były różne sposoby losowania i metody pomiarów (USDA 1992, Frayer i Furnival 1999). Od czasu ostatniej okresowej inwentaryzacji zostały one ujednoczone. Współcześnie jest to grupa (klastr, trakt) czterech powierzchni kołowych o promieniu 7,32 m (0,0166 ha) każda, rozmieszczonych równomiernie w odległości 36,6 metrów od siebie (ryc. 3), i przeznaczonych do pomiaru drzew o pierśnicy większej od 12,7 cm (5.0 cali). Wewnątrz dużych powierzchni znajdują się umieszczone współśrodkowo powierzchnie o promieniu 2,1 m (6,8 stóp) do dodatkowego pomiaru drzew o pierśnicy pomiędzy 2,54 a 12,7 cm (np. Thompson 1998). Tak zaprojektowana grupa obejmuje swoim zasięgiem obszar jednego akra (0,4046 ha).

Podstawą do przeliczania pomiarów wykonywanych na poszczególnych drzewach na jednostkę powierzchni jest specjalny współczynnik przeliczeniowy drzewa (tree expansion factor). Jego wartość wyraża liczbę drzew na jednostkę powierzchni, którą dane drzewo reprezentuje w bieżącej inwentaryzacji. Stanowi ona odwrotność wielkości powierzchni próbnej, na której dane drzewo było mierzone. Na przykład jeżeli drzewo byłoby mierzone na powierzchni próbnej o wielkości czterech arów, to współczynnik przeliczeniowy dla mierzonego drzewa wyniósłby 25. Oznacza to, że na powierzchni 1 hektara znajduje się 25 drzew o takich cechach, jak mierzone drzewo. Do przeliczania wartości z jednostki powierzchni na cały inwentaryzowany obszar służą powierzchniowe i miąższościowe współczynniki przeliczeniowe ("area expansion factors" i "volume expansion factors"). Ich wartość dla każdej powierzchni określana jest w pierwszej fazie losowania.

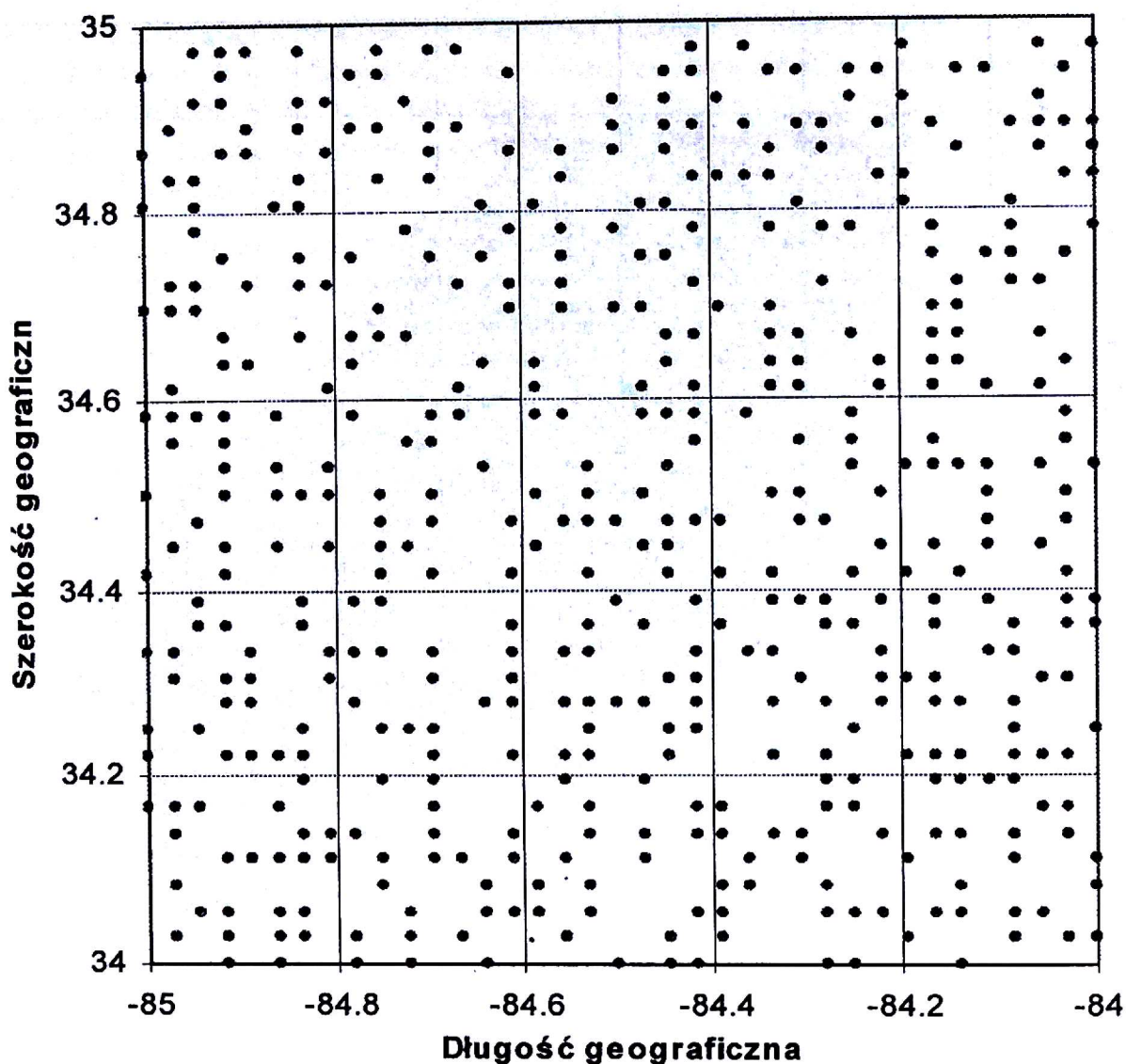
Zgodnie z założeniami inwentaryzacji corocznej, docelowo każdego roku pomiarowi podlegać ma 20% ogółu powierzchni próbnych (1 z 5 tak zwanych paneli). Przewiduje się,



RYC. 1. Lokalizacja powierzchni próbnych w stanie Georgia

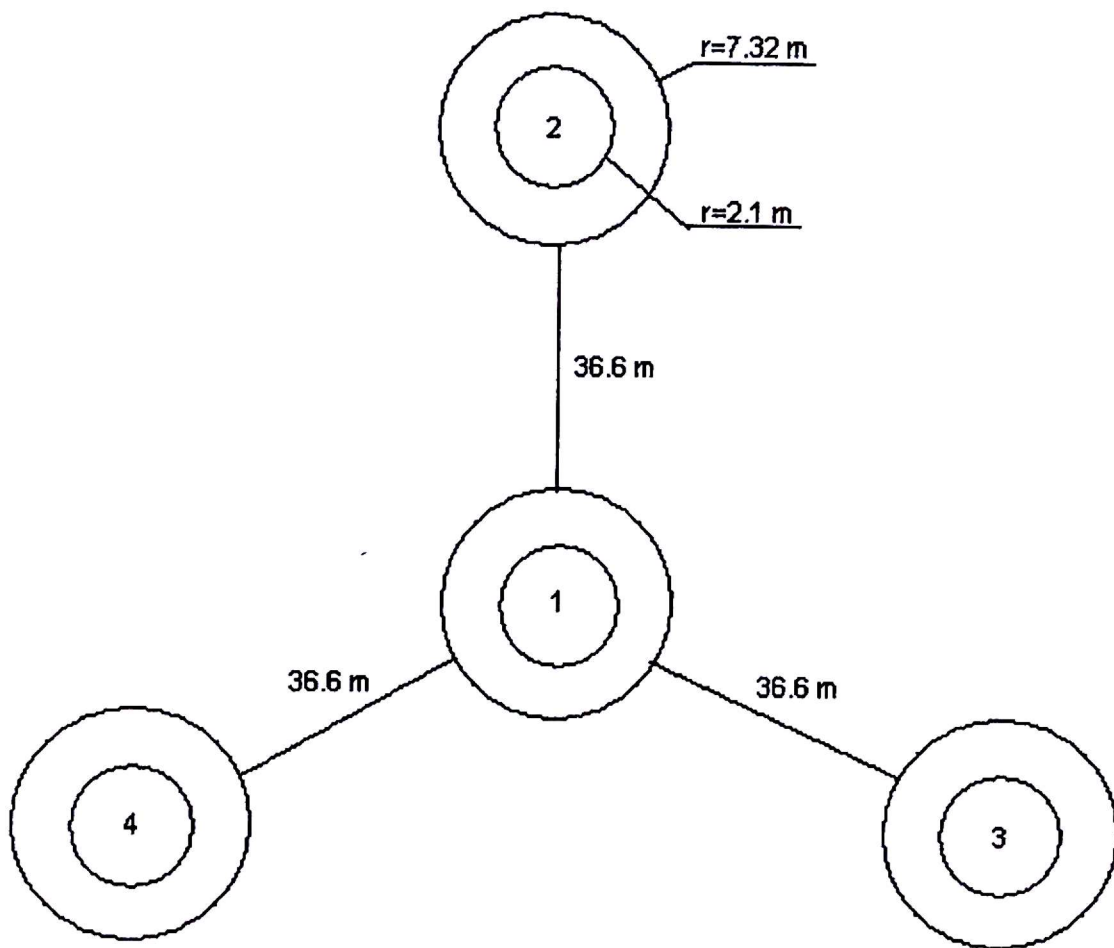
że dane z powierzchni, które nie są mierzone w danym roku, będą aktualizowane przy użyciu różnych technik, jak metody wykorzystujące średnią ruchomą, szeregi czasowe, modele wzrostu lub zastępowanie danych przez pomiary z innych powierzchni. Zagadnienie to jest obecnie przedmiotem badań (McRoberts 1999, Reams i Van Deusen 1999).

Gromadzone dane są zorganizowane hierarchicznie. Poszczególne poziomy zawierają informacje o drzewach, powierzchniach, warunkach na powierzchni, jednostkach administracyjnych i przyrodniczych. Takie zorganizowanie danych pozwala prowadzić analizy na różnych poziomach szczegółowości i przez użytkowników różnego rodzaju (leśnicy, politycy, przemysł drzewny).



RYC. 2. Losowe powierzchnie próbne na siatce kwadratów

Na każdej powierzchni określanych jest kilkadziesiąt cech i charakterystyk. Są to między innymi: forma własności, typ lasu, wiek, pochodzenie, klasa produkcyjności, bonitacja, wiek bazowy określania bonitacji, klasa użytkowania gruntu, nachylenie stoku, wystawa, typ gleby, możliwe zabiegi, udział luk, zagęszczenie, współczynniki przeliczeniowe, położenie (długość i szerokość geograficzna) i inne. Podczas pomiaru drzew gromadzonych jest ponad 60 zmiennych. Część z nich pochodzi z bezpośrednich pomiarów i obserwacji. Są to na przykład: gatunek drzew, jego status, obecna i poprzednia pierśnica, wysokość, klasa jakości, długość i stan korony, uszkodzenia i ich powód. Pozostałe wartości są obliczane przy użyciu odpowiednich wzorów. Są to m.in. różne rodzaje miąższości, współczynniki przeliczeniowe, przyrost miąższości i biomasa (Hansen i in. 1992, Woudenberg i Farrenkopf 1995, Miles i in. 2000).



RYC. 3. Schemat powierzchni próbnej

Dokładność inwentaryzacji

Jednym z podstawowych założeń każdej inwentaryzacji wielkoobszarowej jest jej zaprojektowanie zgodne ze statystyczną teorią metody reprezentacyjnej. Pozwala to z jednej strony na uzyskanie nieobciążonych estymatorów* szacowanych wielkości (np. powierzchni leśnej czy miąższości), a z drugiej – określenie błędu inwentaryzacji. Przy inwentaryzacji w USA przyjęto założenia, że na poziomie pojedynczego Stanu błąd szacowania powierzchni nie przekracza 3% na 1 000 000 akrów lasów produkcyjnych (404,600 hektarów) przy poziomie ufności 0,68. Błąd określania miąższości, użytkowania i przyrostu szacuje się na 5 (Wschód) do 10% (Zachód) na 1 000 000 000 stóp sześciennych (28 317,000 metrów sześciennych) zapasu lasów produkcyjnych (np. Thompson 1997, Miles i in. 2000).

* Estymator – w teorii estymacji zajmującej się zagadnieniami szacowania nieznanymi rozkładów prawdopodobieństwa, a szczególnie nieznanymi parametrów (np. średniej wariancji). Za oszacowanie rozważanej wielkości przyjmuje się wartość odpowiedniej funkcji wyników obserwacji – funkcja taka nazywa się estymatorem punktowym.

Kierunki rozwoju

Co prawda inwentaryzacja lasów w Stanach Zjednoczonych jest systemem dojrzałym, prowadzonym od ponad 70 lat, jednak zarówno prowadzący ją bezpośrednio, jak i użytkownicy gromadzonych danych dostrzegają możliwość wprowadzenia dalszych usprawnień. Ulepszenia te mogłyby być łatwiej wdrożone szczególnie w czasie wprowadzania systemu corocznego (Van Deusen i in. 1999). Służba Leśna współpracuje z zainteresowanymi m.in. przez organizowanie spotkań użytkowników danych czy badania prowadzone wspólnie z różnymi instytucjami, szczególnie uniwersytetami i wydziałami leśnymi. Poniżej przedstawione są niektóre z kierunków badań i działania ludzi związanych z inwentaryzacją.

Wykorzystanie teledetekcji

Współcześnie istnieje wiele różnych źródeł danych satelitarnych o wysokiej i średniej rozdzielczości. W różnych ośrodkach prowadzone są badania nad możliwością wykorzystania danych szczególnie z Landsat TM oraz innych satelitów, jak SPOT czy IKONOS. Badania te mają przede wszystkim stworzyć możliwość wyeliminowania bardzo kosztownych zdjęć lotniczych i procesu ich przetwarzania przy określaniu powierzchni lasów i poszczególnych warstw. Koszt zdjęć lotniczych wynosi około \$1 za hektar. Zamiast nich próbuje zastosować się dane z satelitów IKONOS i LANDSAT TM (Hansen i Wendt 2000, Wynne i in. 2000). Zaletą danych satelitarnych jest możliwość ich zautomatyzowanego przetwarzania oraz cena – od 10 do 5000 razy niższa, niż cena zdjęć lotniczych. Zdjęcia satelitarne mogłyby również być używane do lepszej stratyfikacji nie tylko na podstawie typu lasu (iglaste / liściaste), lecz np. na podstawie różnego zadrzewienia czy zasobności, co oczywiście wymaga dodatkowych badań (np. Lannom i in. 1995, Whiffen i in. 1999).

Schemat losowania i organizacja powierzchni próbnych

Pomiary prowadzone w różnym czasie i w różnych miejscach oparte były na innych schematach losowania i często zawierały różny zestaw różnie mierzonych cech. Nowy system dał możliwość zmiany tej sytuacji i wprowadzenia jednego, spójnego schematu losowania i prowadzenia pomiarów w skali całego kraju. W dalszym ciągu są wykonywane badania nad doskonaleniem sposobów pobierania próby i zasad zakładania powierzchni próbnych. Obecnie stosowane grupy powierzchni próbnych (klastry, trakty) nie są optymalne z punktu widzenia zmienności mierzonych cech (są mniej efektywne, niż kilka osobnych powierzchni próbnych). Z drugiej jednak strony układ taki zmniejsza czas przejść między powierzchniami, który ma znaczący udział w ogólnym czasie przeznaczonym na pomiary – w celu uzyskania jednakowej dokładności zakłada się mniej klastrów, niż samodzielnych powierzchni próbnych (Scott 1993, Bechtold i Zarnoch 1999). Według niektórych autorów byłoby lepiej, gdyby powierzchnie zlokalizowane w grupie rozproszyć i rozmieścić w większej odległości (200 to 700 metrów) (np. Bauer i in., w druku).

Zakres i sposoby pomiaru

Pomiar powierzchni próbnych jest niezmiernie czasochłonny. Dwuosobowa ekipa terenowa jest w stanie założyć (lub odnaleźć) i pomierzyć średnio jedną powierzchnię dziennie. Większość czasu pochłaniają jednak nie same pomiary, lecz czynności przygotowawcze,

jak lokalizacja powierzchni, uzyskanie zgody właściciela czy dotarcie do powierzchni. Stąd konieczne jest jak najlepsze wykorzystanie czasu pozostałego na same pomiary. Z jednej strony wymaga to stałego usprawniania technik pomiarowych i używania dobrze wyszkolonego personelu, z drugiej zaś – uzyskania jak najlepszych danych. Oznacza to przede wszystkim w miarę możliwości zastąpienie niektórych obecnie szacowanych wielkości pomiarami, jak najdokładniejszy pomiar cech oraz ich zapisywanie w taki sposób, aby było możliwe ich późniejsze szerokie wykorzystanie (np. notowanie mierzonych wysokości a nie bonitacji). Na etapie późniejszej analizy konieczne jest zastąpienie obecnie używanych krzywych bonitacyjnych (zbudowanych przeważnie 25-50 lat temu na bazie materiałów pochodzących z drzewostanów naturalnych) nowymi, uwzględniającymi różnice we wzroście wysokości wynikające z różnego pochodzenia i sposobu zagospodarowania drzewostanów.

Metody uaktualniania danych

Ponieważ każdego roku w czasie inwentaryzacji mierzonych jest maksymalnie 20% ogółu powierzchni, istnieje potrzeba stosowania i doskonalenia precyzyjnych metod uaktualniania danych z powierzchni próbnych nie mierzonych w danym roku. Główne kierunki badań są prowadzone nad metodami zastępowania brakujących pomiarów za pomocą danych gromadzonych w czasie pomiaru podobnych powierzchni, wykorzystaniem danych teledetekcyjnych oraz nad modelami wzrostu (McRoberts 1999, Reams i Van Deusen 1999).

Dostępność danych

Program inwentaryzacji USA posiada oparty na sieci Internet system publikowania corocznych raportów o zasobach leśnych oraz dostarczania danych dla zainteresowanych instytucji (Hansen i in. 1992, Woudenberg i Farrenkopf 1995). Za pomocą dostarczonych na stronach WWW programów możliwe jest nawet sporządzanie indywidualnych raportów bez konieczności angażowania Służby Leśnej. W idealnej sytuacji użytkownicy powinni mieć dostęp do tego samego oprogramowania, który używany jest przez FIA. Dobry początek stanowi stworzenie przez Forest Service nowego systemu nazwanego FIADB (Miles i in. 2000). Daje on dostęp nie tylko do dobrze udokumentowanej, szczegółowej bazy danych z pomiarów wykonywanych przez drużyny terenowe (USDA 2001), lecz również możliwość tworzenia map i tabel z danych zewnętrznych. FIADB dostarcza dane z poprzednich inwentaryzacji w jednakowym formacie, kompatybilnym pomiędzy Stanami i cyklami. Niestety – od czasu rozpoczęcia corocznej inwentaryzacji w 1997 roku w połowie 2001 roku pojawiły się dopiero pierwsze dane z pomiarów pierwszego panelu. Zainteresowani użytkownicy oczekują dostępu do upublicznionych danych i raportów zaraz po zakończeniu pomiarów terenowych i oczyszczeniu danych zamiast po kilku latach (Department of Conservation 2000).

Koszt inwentaryzacji

Budżet programu inwentaryzacji kraju stanowił w 1999 około 1% całości budżetu tej Służby Leśnej. Typowa powierzchnia próbna kosztuje około \$0.65-\$1.25 za 1 hektar, z czego około połowa to koszty pomiarów terenowych. Oczekuje się, że inwentaryzacja coroczna po pełnym jej wprowadzeniu będzie kosztowała około 65 milionów dolarów. Fundusze te pokrywają nieco ponad połowę rzeczywistych kosztów planowanego progra-

mu. Aby umożliwić pomiar planowanych 20% powierzchni, władze poszczególnych stanów i inni partnerzy dzielą koszty inwentaryzacji. Drugim sposobem jest zmniejszenie liczby mierzonych cech, zmiana metod pomiaru lub schematu losowania tak, aby drużyna terenowa mogła w ciągu dnia mierzyć średnio dwie powierzchnie zamiast jednej. Alternatywą mogłoby być prowadzenie pomiarów najważniejszych cech na każdej powierzchni a pomiary innych tylko na ich części, lub pomiar mniejszej ilości powierzchni każdego roku, a zastosowanie dla pozostałych jakichś metod ich uaktualniania, np. modeli wzrostu.

Podsumowanie

Zrównowazona gospodarka leśna wymaga posiadania dokładnych informacji dotyczących zasobów leśnych, w tym struktury własnościowej, zmian w użytkowaniu gruntów oraz trendów w rozwoju zasobów leśnych. W Polsce prace nad nową instrukcją sporządzania wielkoobszarowej inwentaryzacji lasów kraju są dobrą okazją do przedstawienia przykładu takiej inwentaryzacji lasów w USA.

Od lat trzydziestych inwentaryzacja lasów Stanów Zjednoczonych podlegała wielu zmianom. Początkowo obszar poszczególnych Stanów podlegał pomiarowi w cyklach o długości 10-15 lat. Współczesna coroczna inwentaryzacja, podczas której każdego roku mierzonych jest 20% wszystkich powierzchni, oparta jest na cyklach pięcioletnich. Podobnie, jak podczas poprzednich cykli, w corocznej inwentaryzacji podsumowania są publikowane z użyciem pomiarów wykonanych w różnym czasie. Otrzymane wielkości są przypisywane do danego okresu pomiarowego. Możliwość jednoczesnego analizowania pomiarów wykonywanych w różnym czasie jest wciąż przedmiotem badań i dyskusji.

Współczesna inwentaryzacja, będąca w fazie wdrażania od 1998 roku, powstała w wyniku współpracy przemysłu drzewnego, leśników i instytucji publicznych, postulujących wprowadzenie spójnego we wszystkich stanach systemu gromadzenia pełnych i aktualnych informacji dotyczących zasobów leśnych, ich rozmieszczenia, rozwoju i stanu zdrowotnego.

Coroczna inwentaryzacja lasów w USA jest oparta na losowaniu dwustopniowym. W pierwszej fazie zdjęcia lotnicze są używane do stratyfikacji gruntów na różne kategorie użytkowania. W drugiej fazie mierzone są stałe powierzchnie próbne rozmieszczone losowo na siatce kwadratów. Powierzchnie próbne składają się z grupy czterech powierzchni z jedną położoną centralnie i trzema wokół niej. Dodatkowo zakładane są koncentrycznie mniejsze powierzchnie o mniejszym promieniu do pomiaru drzew o mniejszych rozmiarach.

Mimo że inwentaryzacja lasów w USA jest systemem dojrzewającym przez ponad 70 lat, podlega ona wciąż dalszym zmianom i udoskonaleniom. Współcześnie w czasie inwentaryzacji na każdej powierzchni próbnej gromadzi się wartości ponad 100 cech. Z tego między innymi powodu wymaga ona wielkiego nakładu środków. Finansowanie programu oparte jest na systemie dzielenia kosztów pomiędzy Rządem Federalnym (USDA Forest Service), władzami poszczególnych Stanów i przemysłem drzewnym. USDA Forest Service stale współpracuje z różnymi organizacjami, światem akademickim i przemysłem drzewnym aby zapewnić jak najlepszą jakość dostarczanych danych. Różne grupy zainteresowań

spotykają się z przedstawicielami Służby Leśnej aby przedyskutować postęp we wprowadzaniu inwentaryzacji oraz kierunki jej przyszłych zmian. Grupy użytkowników danych pochodzących z inwentaryzacji (FIA Data User Groups) oraz grupy doradców (FIA Technical Advisory Groups) spotykają się na poziomie kraju i regionów dwa razy do roku. Podstawowym celem tych działań jest wprowadzenie programu inwentaryzacji lasów we wszystkich stanach z użyciem tej samej metodyki i organizacji.

*Zakład Dendrometri i Nauki o Produkcyjności Lasu
Wydział Leśny SGGW, Warszawa
zasada@delta.sggw.waw.pl*

*Chris J. Cieszewski
Warnell School of Forest Resources
University of Georgia, Athens, GA
biomat@uga.edu*

Literatura

- AF&PA, 1998. The Report of the Second Blue Ribbon Panel. American Forest & Paper Association. 17p.
- Bauer M.E., Burk T.E., Ek A.R., Coppin P.R., Lime S.D., Walsh T.A., Walters D.K., Befort W., Heinzen D.F.**, (w druku) Satellite Inventory of Minnesota Forest Resources. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
- Bechtold W.A., Zarnoch S.J.**, 1999. Field Methods And Data Processing Techniques Associated With Mapped Inventory Plots. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Proceedings RMRS-P-12: 421-424.
- Borecki T., Zajączkowski S.**, 1998. Wielkoobszarowa kompleksowa inwentaryzacja stanu lasu. Sylwan 6: 5-15.
- Bruchwald A.**, 2000. Wielkopowierzchniowa metoda określania miąższości obiektu leśnego oparta na losowaniu warstwowym. Sylwan 3: 5-17.
- Chojnacki D.C.**, 1998. Double sampling for stratification. A forest inventory application in the interior West. Research Paper RMRS-RP-7. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Cieszewski C.J., Borders B., Whiffen H., Harrison M.**, 1999. Forest Inventory in Georgia. Proceedings of IUFRO Conference on Remote Sensing and Forest Monitoring, Rogów, 1-3 lipca 1999.
- Cost N.D.**, 1999. A New Annual Forest Inventory System for the South. Forest Landowner. 58(2): 16-19.
- Department of Conservation, 2000. Report of the 1999 Annual Inventory of Maines Forests. Department of Conservation, Maine Forest Service. Forest Health & Monitoring Division and Forest Policy & Management Division, Augusta, Maine, October 24, 2000

- Fraye W.E., Furnival G.M., 1999.** Forest survey sampling designs: a history. *Journal of Forestry* 97(12): 4-10.
- Hansen M.H., Frieswyk T., Glover J.F., Kelly J.F., 1992.** The Eastwide forest inventory database: users manual. Gen. Tech. Rep. NC-151. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 48 p.
- Hansen M.H., Wendt D.G., 2000.** Using classified Landsat Thematic Mapper data for stratification in a statewide forest inventory. In: *Proceedings of the first Annual Forest Inventory and Analysis Symposium*. San Antonio, Texas, November 2-3, 1999.
- Lannom K.B., Evans D.L., Zhu Z., 1995.** Comparison of AVHRR Classification and Aerial Photography Interpretation for Estimation of Forest Area. Res. Pap. SO-292. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.
- McRoberts R.E., 1999.** Evaluating Annual Forest Inventory Updating Techniques. *Proceedings of First International Conference on Measurement and Quantitative Methods and Management & The 1999 Southern Mensurationists Meeting*. Jekyll Island, Georgia, USA. November 17-18, 1999.
- Miles P.D., Brand G.J., Alerich C.L., Bednar L.F., Woudenberg S.W., Glover J.F., Ezzell E.N., 2000.** The Forest Inventory and Analysis Database: Database Description and User's Manual Version 1.0. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station.
- Reams G.A., Roesch F.A., Cost N.D., 1999.** Annual Forest Inventory – Cornerstone of Sustainability in the South. *Journal of Forestry*, 97 (12): 21-26.
- Reams G.A., Van Deusen P.C., 1999.** The Southern Annual Forest Inventory System. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. Vol. 4. No. 4: 346-360.
- Roesch F.A., Reams G.A., 1999.** Analytical Alternatives for an Annual Inventory System. *Journal of Forestry*, 97 (12): 33-37.
- Rosa W., 1967.** Matematyczno-statystyczna metoda inwentaryzacji lasu i możliwości stosowania jej w urządzaniu lasu. *Sylwan* 10: 35-49.
- Scott C.T., 1993.** Optimal design of a plot cluster for monitoring. W: *The optimal design of forest experiments and forest surveys*, September 10-14, 1993, School of Mathematics, Statistics and Computing, University of Greenwich, London. pp. 233-242.
- Smith W.B., Faulkner J.L., Powell D.S., 1994.** Forest Statistics of the United States, 1992. Metric units. Gen. Tech. Rep. NC-168. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 147p.
- Thompson M.T., 1998.** Forest Statistics for Georgia, 1997. Resource. Bull. SRS-36. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 92p.

- UNEP, 2001. An Assessment of the Status of the Worlds Remaining Closed Forests. UNEP / DEWA / TR 01-2. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1992. Forest Service Resource Inventories: An Overview, U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Forest Inventory, Economics and Recreation Research. Washington. 39p.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1993. A Blueprint for Forest Inventory and Analysis Research and Vision for the Future. Forest Service Program Aid No.1512.U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 20 p.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1998. Southern Annual Inventory System (SAFIS). Update Four, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 9p.
- U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2001. Forest inventory and analysis national core field guide, volume 1: field data collection procedures for phase 2 plots, version 1.5. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office.
- Van Deusen, P.C., Prisley, S.P., Lucier, A.A., 1999.** Adopting an Annual Inventory System. User Perspectives. Journal of Forestry 97 (12): 11-14.
- Whiffen H. J., Cieszewski C. J. , Borders B. E., Lowe R., Izlar R., Zupco M., Cooke W., 1999.** Stand Signature Stability: Step One to Accurate County Estimates of Standing Timber Areas. Proceedings of First International Conference on Measurement and Quantitative Methods and Management & The 1999 Southern Mensurationists Meeting. Jekyll Island. Georgia. USA. November 17-18, 1999.
- Woudenberg S.W., Farrenkopf T.O., 1995.** The Westwide forest inventory database: user's manual. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-317. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 67 p.
- Wynne R.H., Oderwald R.G., Reams G.A., Scrivani J.A., 2000.** Optical Remote Sensing for Forest Area Estimation. Journal of Forestry 98 (5): 31-36.

Dodatek

– źródła informacji o inwentaryzacji lasów USA w sieci Internet

Sieć Internet jest nieocenionym źródłem informacji i danych na temat inwentaryzacji lasów USA. Wyniki szukania informacji za pomocą popularnych serwisów wyszukiwujących (np. <http://www.google.com/>) zawierają linki do prawie 20 000 stron. Spośród nich jest kilka podstawowych, związanych głównie ze stacjami badawczymi amerykańskiej Służby Leśnej (Forest Service). Załączone linki zostały sprawdzone pod kątem ich działania i aktualności na początku września 2001 roku.

<http://fia.fs.fed.us/>

Strona główna poświęcona inwentaryzacji (Forest Inventory Analysis – FIA), zawierająca podstawowe informacje na temat programu oraz linki do stron regionalnych.

<http://www.srsfia.usfs.msstate.edu/>

Serwis Południowego Regionu FIA, zawierający bazy danych z pomiarami z dwóch ostatnich cykli inwentaryzacji prowadzonej w każdym ze Stanów oraz zestawy standardowych tabel. Zamieszczony jest również program umożliwiający tworzenie indywidualnych raportów.

<http://www.ncrs.fs.fed.us/4801/FIADB/>

Nowy główny serwer programu FIA, zawierający dane z inwentaryzacji w nowym formacie – stosowanym przez inwentaryzację coroczną. Dodatkowo zamieszczony jest system MapMaker, umożliwiający tworzenie indywidualnych map na podstawie dostarczonych danych.

<http://www.ncrs.fs.fed.us/4801/>

Program FIA w North Central Research Station.

<http://www.fs.fed.us/ne/fia/>

Północno-wschodni Region FIA – strony zawierają instrukcje terenowe, rezultaty analiz, dane GIS oraz informacje na temat geostatystyki.

Summary

Forest inventory in the United States of America

Sustainable forest management relies on the availability of extensive information regarding forest resources inventory, including ownership patterns, land use changes, any developing trends and changes in the resource availability. The described example of the national forest inventory in the USA is timely given the currently ongoing Polish efforts towards development of the new forest inventory approach.

Since 1930 the US national inventory has undergone many changes. In the beginning, entire areas were inventoried during cycle lengths varying from 10 to 15 years. However, in the current continuous annual inventory, based on a 5-year cycle, 20% of plots are measured annually. Similar to past US national periodic inventories, in the current annual system the summaries of all the measurements are produced using measurements taken at different times. Thus, the reported statistics are interpreted as applying to the mid-point of a given measurement period. Use of various approaches to the analysis of measurements taken at different points in time is still under discussion.

The most recent system has been under implementation since 1998 after a joint effort by various forest product industries, foresters and public institutions advocating a nationwide annual forest inventory system common to all states and that would provide complete and timely acquisition of information regarding forest resource availability, distribution, and its health and development.

The US annual inventory is based on two-stage sampling. In the first stage aerial photography is used to stratify the land base into different categories of land utilization. In the second stage ground measurements are taken on a large number of permanent sample plots distributed randomly on a systematic grid. The permanent sample plots consist of four subplots with one central and three satellite locations - all contained within an area of 0.4046

ha. Additional small plots are defined concentrically by smaller diameters on each of the subplots for measuring small trees and vegetation.

Although, the inventory system in the USA has been maturing for some 70 years the methods and design of the system are still undergoing many changes. The current annual inventory system is based on the most comprehensive approach to resource information acquisition, in which over 100 variables are measured on each of the permanent sample plots. As such, the annual inventory system calls for an unprecedented level of funding. Its implementation is based on a cost-sharing approach between the Federal Government, State Governments, and the forest product industry.

The USDA Forest Service continues a close dialog with various representatives of the public, academia, and the forest products industry to ensure that the inventory system provides the best value possible for all interested parties. Various interest groups meet on regular bases with the Forest Service to discuss progress in the inventory implementation and its future directions. National and regional FIA Data User Groups and FIA Technical Advisory Groups are meeting on national and regional levels twice a year. The ultimate target of the national inventory is to implement the program in all the states using the same statistical design and organization.