

EMILIA WIŚNIEWSKA

Analiza dokładności graficznych baz danych systemu informacji leśnej

An Accuracy Analysis for Graphic Databases
in Forest Information System

W Ośrodku Teledetekcji i Informacji Przestrzennej (OPOLIS) Instytutu Geodezji i Kartografii (IGiK) w Warszawie od kilku lat prowadzone są prace nad wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej do monitorowania środowiska. Badane są m.in. możliwości zastosowania tych systemów do celów kompleksowego monitorowania lasów obejmującego przetworzenie danych kartograficznych do postaci cyfrowej, integrację map cyfrowych z danymi opisowymi oraz interpretację zdjęć satelitarnych z wykorzystaniem informacji zawartych w zintegrowanej bazie danych.

Wyniki tych prac będą pomocne w prowadzeniu nowoczesnej gospodarki leśnej, której zasady ukierunkowane są na aspekty ekologiczne. Wyraża się to większą niż dotąd dbałością o trwałość lasów i ciągłość wykorzystywania ich wielostronnych a nie tylko produkcyjnych funkcji, powiększaniem zasobów leśnych i wzmacnianiem korzystnego wpływu lasu zarówno na warunki życia człowieka jak i na funkcjonowanie całości przyrody oraz powszechnej ochrony lasów. W realizacji przyjętych założeń dotyczących prowadzenia proekologicznej gospodarki leśnej pomocne będą systemy informacji przestrzennej łączące informacje przestrzenne (pochodzące z map leśnych, innych map tematycznych, obrazów satelitarnych) oraz informacje opisowe (zasilane przede wszystkim informacjami z inwentaryzacji dla potrzeb urządzania lasu). Stworzenie i wykorzystywanie systemu informacji przestrzennej pozwoli na właściwe określanie doraźnych i perspektywicznych celów gospodarki leśnej, na prowadzenie kompleksowych analiz stanu lasu. Będzie można określać m.in. walory przyrodnicze obszarów leśnych, stopień dostosowania drzewostanów do warunków, przedstawiać propozycje prowadzenia racjonalnej gospodarki leśnej w celu korzystnego wpływu na bioróżnorodność danego zbiorowiska oraz na warunki środowiska.

W IGiK bazy danych założono m.in. dla Leśnego Kompleksu Promocyjnego "Lasy Puszczy Kozienickiej" oraz lasów na terenie pogorzelska pod Kuźnią Raciborską. System stworzono w środowisku programowym MGE (Modular GIS Environment) firmy Intergraph, które

pozwała na: wprowadzenie danych, budowę zintegrowanej bazy danych, przetwarzanie zdjęć satelitarnych, aktualizację bazy oraz przeprowadzanie analiz przestrzennych.

Najdroższym i wymagającym dużego nakładu pracy był **etap założenia bazy danych**, który przebiegał w następujący sposób:

- utworzenie bazy danych przestrzennych:
 - digitalizacja wybranych elementów treści map topograficznych i map leśnych,
 - przygotowanie plików z danymi graficznymi do dalszych przetworzeń,
 - utworzenie bazy danych graficznych,
 - nakładanie warstw;
- wprowadzenie do systemu bazy danych opisowych, których najważniejszą częścią są wyniki inwentaryzacji urządzeniowo-leśnej wykonanej w Biurze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej oraz inne informacje o środowisku;
- integracja bazy danych przestrzennych i bazy danych opisowych.

Stworzony system informacji przestrzennej może służyć nie tylko do prowadzenia analiz zdjęć satelitarnych, ale też innych analiz przestrzennych, np. oceny zgodności składu gatunkowego z siedliskiem, określania stanu zdrowotnego drzewostanów, wyznaczania stref kondycji lasu w powiązaniu z parametrami drzewostanów i siedliskiem zawartymi w bazie urządzeniowo-leśnej. System informacji przestrzennej może też być wykorzystywany jako narzędzie do kartograficznej prezentacji zgromadzonych danych i wyników ich analiz.

Systemy informacji przestrzennej zawierające uporządkowane zbiory informacji o lesie mogą odegrać dużą rolę w prawidłowym prowadzeniu i zarządzaniu gospodarką leśną. Tworząc system informacji przestrzennej należy go odpowiednio zaprojektować zależnie od celu jego przeznaczenia, a później wykorzystując jego dane należy znać dokładność danego systemu czyli aktualność i dokładność zgromadzonych danych. Jednym z elementów wpływających na dokładność systemu jest dokładność digitalizacji.

W stworzonych systemach informacji przestrzennej digitalizacja map wykonana była w kilku etapach. Najpierw wprowadzano do cyfrowej bazy danych wybrane elementy map topograficznych w układzie współrzędnych "1942" w skali 1: 25 000, następnie z przeglądowej mapy leśnej w skali 1:25 000 zdigitalizowano granice obrębów i oddziałów a z przeglądowo-gospodarczych map leśnych w skali 1: 10 000 — granice pododdziałów, drogi i elementy hydrografii. W ten sposób mapy leśne, które w swej treści nie mają informacji o układzie odniesienia przestrzennego zostały dowiązane do układu map topograficznych.

Wobec przyjęcia takiej metody prac na końcową dokładność digitalizacji wpływają następujące wielkości: dokładność digimetru i obserwatora, dokładności graficzne wykorzystywanych map oraz dokładność wpasowania map (dokładność transformacji).

Dokładność digitalizacji możemy wyznaczyć różnymi sposobami, m.in. przez:

- porównanie powierzchni określonych przez system na podstawie zdigitalizowanych danych z powierzchniami w opisowej bazie danych urządzania lasu;
- analizę dokładności wykorzystującą teorię błędów.

Pierwszą z wymienionych metod można było przeprowadzić dopiero po zbudowaniu poprawnie działającej relacyjnej bazy danych. Została utworzona tabela zawierająca i porównująca powierzchnie pododdziałów wyliczonych przez system z powierzchniami pododdziałów z opisowej bazy danych urządzania lasu. Na podstawie różnic pomiędzy tymi dwiema powierzchniami można obliczyć średni błąd powierzchni pododdziału.

W przypadku naszych prac średni błąd powierzchni pododdziału został obliczony dla systemu informacji przestrzennej zawierającego dane o 8273 pododdziałach z obszaru Kuźni Raciborskiej. Wyniósł on: $m_{pow.} = 0,41$ ha. Przeliczając tę wielkość na średni błąd położenia punktu otrzymamy $m_{punktu} = 14,68$ m

Chcąc określić ten błąd przed wykonaniem projektu można wyznaczyć przewidywaną dokładność digitalizacji wykorzystując zasady z teorii błędów i znajomość takich wielkości jak: dokładność digimetru i obserwatora, dokładności graficzne map, dokładności wpasowania map.

Wymienione parametry wyrazić można następująco:

- dokładność digimetru i obserwatora podane łącznie jako średni błąd pomiaru wyliczony z błędów pozornych przy pomiarze 30 punktów siatki kwadratów w 5 seriach wzajemnie niezależnych wynosi:

$$m_{pom} = \pm \sqrt{m_{x_pom}^2 + m_{y_pom}^2} ,$$

przy czym:

$$m_{x_pom} = \pm \sqrt{\frac{[v_{x1}^2] + [v_{x2}^2] + \dots + [v_{xs}^2]}{s \times (p - 1)}} = \sqrt{\frac{[v_x v_x]}{n_n}}$$

$$m_{y_pom} = \pm \sqrt{\frac{[v_{y1}^2] + [v_{y2}^2] + \dots + [v_{ys}^2]}{s \times (p - 1)}} = \sqrt{\frac{[v_y v_y]}{n_n}}$$

gdzie:

$$v_{xi}^k = X_i - x_i^k , \quad X_i = \frac{[x_i]}{p} , \quad v_{yi}^k = Y_i - y_i^k , \quad Y_i = \frac{[y_i]}{p} ,$$

- p — liczba serii pomiarowych,
- s — liczba mierzonych punktów,
- n_n — liczba obserwacji nadliczbowych;

- dokładności graficzne map:

mapy topograficznej w układzie "1942" w skali 1: 25 000 — m_{mapy_top}

mapy leśnej przeglądowej w skali 1: 25 000 — m_{mapy_l1}

mapy leśnej gospodarczo-przeglądowej w skali 1: 10 000 — m_{mapy_l2}

- dokładność transformacji przy wpasowaniu map:

$$m_{transf.} = \frac{m_{proc.} \times l}{100\%}$$

gdzie:

- $m_{proc.}$ — błąd procentowy transformacji podawany po wpasowaniu mapy przez system,
 l — odległość między punktami na mapie;

przy czym w danej technologii należy uwzględnić:

- $m_{transf.1}$ — dokładność transformacji przy wpasowaniu mapy topograficznej,
 $m_{transf.2}$ — dokładność transformacji przy wpasowaniu mapy leśnej w skali 1:25 000,
 $m_{transf.3}$ — dokładność transformacji przy wpasowaniu mapy leśnej w skali 1: 10 000.

Średni błąd położenia punktu w geometrycznej bazie danych stworzonej poprzez digilitację w danym schemacie technologicznym wyraża się następująco:

$$m_{digit.} = \pm \sqrt{m_{transf.1}^2 + m_{transf.2}^2 + m_{transf.3}^2 + m_{mapy_top}^2 + m_{mapy_l1}^2 + m_{mapy_l2}^2 + 3 \times m_{pom}^2}$$

Wprowadzając dane liczbowe do powyższych zależności otrzymano:

- dokładność digimetru i obserwatora:

$$m_{pom} = \pm \sqrt{m_{x_pom}^2 + m_{y_pom}^2} = \pm 0,13 \text{ mm}$$

dla map w skali 1: 25 000 $m_{pom} = \pm 3,2 \text{ m}$

dla map w skali 1: 10 000 $m_{pom} = \pm 1,3 \text{ m}$

- dokładności graficzne map:

mapy topogr. w skali 1: 25 000 $m_{mapy_top} = \pm 0,3 \text{ mm} \rightarrow m_{mapy_top} = \pm 7,5 \text{ m}$

mapy leśnej w skali 1: 25 000 $m_{mapy_l1} = \pm 0,4 \text{ mm} \rightarrow m_{mapy_l1} = \pm 10,0 \text{ m}$

mapy leśnej w skali 1: 10 000 $m_{mapy_l2} = \pm 0,4 \text{ mm} \rightarrow m_{mapy_l2} = \pm 4,0 \text{ m}$

- dokładności wpasowania map:

dla transformacji 1 (wpasowanie mapy topograficznej w skali 1: 25 000):

$l=370 \text{ mm}$, $m_{proc.} = 0,05\%$ $\rightarrow m_{transf.1} = \pm 0,18 \text{ mm} \rightarrow m_{transf.1} = 4,6 \text{ m}$

dla transformacji 2 (wpasowanie leśnej mapy przeglądowej w skali 1:25 000):

$l=350 \text{ mm}$, $m_{proc.} = 0,20\%$ $\rightarrow m_{transf.2} = \pm 0,70 \text{ mm} \rightarrow m_{transf.2} = 17,5 \text{ m}$

dla transformacji 3 (wpasowanie leśnej mapy gospodarczo-przeglądowej w skali 1: 10 000):

$l=350 \text{ mm}$, $m_{proc.} = 0,20\%$ $\rightarrow m_{transf.3} = \pm 0,70 \text{ mm} \rightarrow m_{transf.3} = 7,0 \text{ m}$

Ostateczny błąd digitalizacji wynosi więc:

$$m_{digit.} = \pm 23,9 \text{ mm}$$

Mając obliczoną dwiema metodami dokładność wykonania graficznej bazy danych dla lasów koło Kuźni Raciborskiej możemy porównać i przeanalizować otrzymane wyniki.

Dokładność graficznej bazy danych uzyskana dzięki porównaniu powierzchni pododdziałów określonych przez system na podstawie zdigitalizowanych danych z powierzchniami zawartymi w opisowej bazie danych urządzania lasu wynosi:

$$m_{punktu} = \pm 14,7 \text{ m,}$$

zaś dokładność graficznej bazy danych uzyskana poprzez analizę dokładności wynosi:

$$m_{digit.} = \pm 23,9 \text{ m.}$$

Jako błąd określający faktyczną dokładność wykonanej graficznej bazy leśnej przyjmujemy wielkość średniego błędu położenia punktu $\pm 14,7$ m. Błąd graficznej bazy danych uzyskany poprzez analizę dokładności wykorzystującą teorię błędów wskazywał nam tylko jakiego rzędu dokładności należy się spodziewać po utworzeniu bazy, czy jej wielkość będzie zadowalająca dla realizowanego projektu. Dla danego systemu był on zadowalający, gdyż celem dla którego stworzony został ten system są analizy obrazów satelitarnych o rozdzielczości 20 m lub 30 m oraz analizy przestrzenne w skalach przeglądowych.

Uwagę należy również zwrócić na to, że faktyczny błąd położenia punktu okazał się mniejszy od przewidywanego. Wynikać to może z większej dokładności parametrów wpływających na dokładność graficznej bazy danych od wielkości używanych w obliczeniach, m.in. wpasowanie było wykonywane z większą dokładnością od zakładanej.

Dokładność systemu obliczona przez porównanie powierzchni generowanych automatycznie przez system komputerowy z powierzchniami zawartymi w opisowej bazie danych urządzania lasu jest determinowana nie tylko dokładnością geometrycznej bazy danych, ale także dokładnością powierzchni pododdziałów. Jak wiadomo ta ostatnia jest otrzymywana w wyniku planimetrowania leśnych map gospodarczych w skali 1: 5 000.

Wyniki oceny dokładności digitalizacji map wskazują na poprawność zastosowanego schematu technologicznego bazy danych systemu informacji przestrzennej dla celów monitorowania lasu. Oczywiście taki sam, lub z pewnymi modyfikacjami, schemat może być użyty do tworzenia leśnych baz danych innego przeznaczenia, a jego dokładność może być zwiększona chociażby przez digitalizację leśnych map gospodarczych w skali 1:5 000, a nie, tak jak miało to miejsce w tym wypadku, map leśnych w skalach 1: 25 000 i 1: 10 000. Podobnie można skorzystać z map zasadniczych, a nie z map topograficznych w skali 1: 25 000, lub digitalizować bezpośrednio mapy leśne, dla których wcześniej wykonane były pomiary współrzędnych terenowych punktów służących do wpasowania map. Możliwe jest także bezpośrednie wprowadzenie współrzędnych punktów geodezyjnych. Modyfikacje zależą od celu jakiego ma służyć konkretna baza danych przestrzennych.

Do prawidłowo zbudowanej przestrzennej bazy danych można dołączyć relacyjnie opisową bazę danych, by powstał system informacji przestrzennej. Baza danych opisowych może być zasilana przez dane o środowisku pochodzące z wielu źródeł, ale w przypadku analiz leśnych podstawowym jej zbiorem powinny być dane zawarte w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych. Stworzony w ten sposób system może służyć jako narzędzie do kompleksowego monitorowania i zarządzania zasobami leśnymi.

*Z Ośrodka Teledetekcji i Informacji Przestrzennej
Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie*

Literatura

1. **Będkowski K., Olenderek H.:** Teledetekcja i systemy informacji przestrzennej oraz ich znaczenie we współczesnym leśnictwie; W: Problemy realizacji proekologicznego modelu leśnictwa metodami aktywnej gospodarki leśnej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1996.
2. **Hausbrandt S.:** Rachunek wyrównawczy i obliczenia geodezyjne. T. 1, 2; PPWK, Warszawa 1971.
3. Instrukcja techniczna K-2. Mapy topograficzne do celów gospodarczych. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa 1980.
4. Instrukcja urządzania lasu. MOŚZNiL, DGLP, Warszawa 1994.
5. MicroStation™. Instrukcja. Intergraph (Europe) Polska
6. **Olenderek H., Będkowski K.:** Dokładność leśnej mapy gospodarczej na przykładzie wybranych arkuszy mapy gospodarczej Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW-AR w Rogowie. Przegląd Geodezyjny, nr 6/1981.
7. **Pietrzak E., Wiśniewska E., Zawila-Niedźwiecki T.:** Wybrane aspekty zastosowania systemu informacji przestrzennej Intergraph dla celów zarządzania gospodarstwem leśnym. Ogólnopolskie Seminarium nt. Systemy informacji przestrzennej dla obszarów wiejskich z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych. Kraków, 9.02.1995.
8. **Wilkowski W.:** Mapa gospodarcza lasów państwowych jako materiał źródłowy do opracowań z zakresu inżynierii leśnej. Przegląd Geodezyjny, 10/1974.
9. Zarządzenie nr 11 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dn. 14.02.1995 r.

Summary

An accuracy analysis for graphic databases in forest information

Remote Sensing and Spatial Information Centre (OPOLIS) of the Institute of Geodesy and Cartography in Warsaw develops methods of application geographic information systems to forest monitoring.

The accuracy of digitizing influences the overall accuracy of the created GIS. This accuracy depends on the applied hardware (digitizer), the precision of the operator, graphic accuracy of maps and the accuracy of map rectification process.

Two methods of estimating errors of digitizing procedure have been presented in this report:

- by comparing areas calculated by the system from the digitized data with the corresponding areas from the descriptive forest management data base;
- by analysis based upon the theory of errors.