

Dariusz Korpetta, Krzysztof Będkowski

## ZASTOSOWANIE SYSTEMU SCOP DO BUDOWY NUMERYCZNEGO MODELU WARSTWY KORON DRZEW NA PRZYKŁADZIE ARBORETUM W ROGOWIE

### 1. Wstęp

Informacja o pionowym ukształtowaniu terenu ma duże znaczenie przy projektowaniu i realizacji różnorodnych czynności gospodarczych oraz badań naukowych prowadzonych w środowisku leśnym. Rzeźba terenu, jako czynnik kształtujący zbiorowiska leśne, brana jest pod uwagę w pracach urzędniowo-leśnych, z zakresu hodowli lasu, fitosocjologii, gleboznawstwa i klimatologii leśnej oraz w inżynierskim zagospodarowaniu terenu (projekty dróg, szlaków zrywkowych, melioracji wodnych itp.). Poznanie lokalnych warunków ukształtowania terenu ma szczególne znaczenie na obszarach dotkniętych procesami erozyjnymi, dzięki czemu możliwe jest prognozowanie ich występowania i wielkości oraz szukanie skutecznych metod zabezpieczania przed tym niekorzystnym zjawiskiem.

Niezbędnym uzupełnieniem informacji o ukształtowaniu terenu są na obszarach leśnych dane dotyczące przestrzennej budowy drzewostanów. Mogą być one wykorzystywane przy pracach z zakresu urządzania lasu (zmiany podziału powierzchniowego, projektowanie kierunków cięć drzewostanów), a także przy analizie wiatrołomów, lawin, dystrybucji zanieczyszczeń, lokalnych własności klimatu lub określaniu stref ryzyka ekologicznego.

### 2. System SCOP

Możliwości analizy różnorodnych zjawisk przestrzennych mogą być istotnie zwiększone poprzez zastosowanie **numerycznych modeli terenu (NMT)**, rozumianych jako zbiór odpowiednio wybranych punktów powierzchni o znanych współrzędnych  $x, y, z$  oraz algorytmów interpolacyjnych umożliwiających odtworzenie jej kształtu dla określonego obszaru.

Numeryczne modele terenu mogą być budowane przy zastosowaniu różnych profesjonalnych pakietów programów komputerowych. Jednym z nich jest system SCOP, opracowany wspólnie przez INPHO GmbH (Stuttgart) oraz Instytuty Fotogrametrii i Teledetekcji Uniwersytetów Technicznych w Stuttgarcie i Wiedniu [PROGRAMMSYSTEM ..., 1991]. Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW uczestniczy od 1992r. w programie HEXAGONALE koordynowanym przez Instytut Fotogrametrii i Teledetekcji Uniwersytetu Technicznego w Wiedniu. W ramach programu realizowany jest temat dotyczący zastosowań systemu SCOP w badaniach krajobrazowych ze szczególnym uwzględnieniem obszarów leśnych.

SCOP to system programów, rozwijanych od 1972 roku dla różnych komputerów i systemów operacyjnych. Moduły systemu umożliwiają przygotowanie poprawnej bazy danych służącej do budowy NMT, jego interpolacji i późniejszej obróbki. Dzięki zastosowanym algorytmom interpolacyjnych można przy pomocy systemu SCOP budować i przetwarzać wysokodokładne NMT, co pozwala na użycie go w opracowaniach wieloskalowych wymagających wysokiej dokładności. Przy interpolacji warstw uwzględniane są linie szkieletowe terenu. System umożliwia także obliczanie wysokości punktów o zadanych współrzędnych płaskich, wyznaczanie przekrojów pionowych, podłużnych i poprzecznych, budowę numerycznego modelu spadków oraz wyznaczanie stref spadków. Rzeźba terenu może być zobrazowana za pomocą tzw. wektorów spadków lub przedstawiana w postaci rysunków perspektywicznych (w rzucie środkowym lub aksonometrycznym). SCOP umożliwia przetwarzanie zdjęć również w technice monoplottingu (zamiany współrzędnych tłowych pojedynczego zdjęcia lotniczego na współrzędne terenowe). Numeryczny model terenu może być budowany poprzez złożenie dwóch modeli bazowych, co umożliwia m.in. dokonywanie obliczeń objętości bryty nimi ograniczonej. Istnieje także możliwość tworzenia map widoczności terenu z różnych punktów, co pozwala m.in. wyznaczać strefy o różnej insolacji (oświetleniu) terenu w zależności od pory roku i dnia.

Możliwości zastosowań systemu SCOP wzrastają znacznie po połączeniu z Systemem Informacji Geograficznej (GIS). Udaną próbę integracji systemów SCOP i PC ARC/INFO podjęto w Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW [HOCHSTOGER, KANONIER, KORPETTA, 1992]. Powstało w ten sposób narzędzie umożliwiające wszechstronne analizy środowiska leśnego w przestrzeni trójwymiarowej, na różnych poziomach szczegółowości, od drzewostanu, poprzez kompleks leśny i nadleśnictwo, aż po teren całego kraju.

### 3. Arboretum

Arboretum Wydziału Leśnego SGGW położone jest w Rogowie ok. 30 km od Łodzi. Zajmuje ponad 60 ha powierzchni drzewostany oraz kolekcje drzew i krzewów rodzimego lub obcego pochodzenia służą celom naukowym i dydaktycznym Uczelni. Prowadzone są tu obserwacje dotyczące aklimatyzacji oraz przydatności różnych gatunków drzew dla gospodarki leśnej, zgromadzono także drzewa i krzewy odznaczające się korzystnymi walorami ozdobnymi. Do arboretum należą również alpinarium, z kolekcją roślinności górskiej oraz park dendrologiczny. W parku dendrologicznym zlokalizowane są budynki dydaktyczne, administracyjne, gospodarcze i pracownie naukowe.

Arboretum powstało w latach 1923–32. Znaczną część obecnej powierzchni Arboretum pokrywał wtedy dojrzały drzewostan sosnowy ze świerkiem, grabem oraz dębem w dolnym piętrze. Dzisiaj drzewostan ten jest w mniejszym lub większym stopniu prześwietlony. W miarę potrzeb, pod okapem przerzedzonego drzewostanu lub w sztucznie tworzonych lukach, przygotowywano kolejne powierzchnie pod kolekcje lub drzewostany doświadczalne.

Arboretum odwiedzane jest przez wiele wycieczek szkolnych, a także studentów z krajowych i zagranicznych ośrodków akademickich oraz specjalistów z zakresu leśnictwa i botaniki.

Wielość funkcji pełnionych przez Arboretum, przy dużym zróżnicowaniu jego budowy przestrzennej i składu przyrodniczego, nagromadzenie licznych materiałów z wieloletnich obserwacji i doświadczeń, a przede wszystkim potrzeba wprowadzenia sprawnego sposobu ich bieżącej rejestracji, analizy i udostępnienia, wskazywały od dawna na konieczność opracowania i wdrożenia odpowiedniego systemu informacyjnego. Możliwość

taka powstała wraz z pojawieniem się profesjonalnych systemów informacji przestrzennej. Aktualnie budowany system informacyjny dla Arboretum powstaje w oparciu o popularny system PC ARC/INFO [OLENDEREK, BDKOWSKI, KORPETTA, 1993]. Spełniając zadania informacyjne, przyczyni się także do usprawnienia zarządzania zasobami przyrodniczymi Arboretum. Nieocenione są również dydaktyczne funkcje systemu. Za jego pomocą mogą być w przejrzysty sposób przedstawione zarówno historia, czas obecny, jak i przewidywane kierunki rozwoju Arboretum. Stworzona aplikacja będzie mogła być również wykorzystywana w prowadzonych na Wydziale Leśnym zajęciach z zakresu systemów informacji przestrzennej.

#### 4. Numeryczny model warstwy koron

Na przykładzie Arboretum postanowiono ocenić przydatność systemu SCOP do budowy numerycznego modelu warstwy koron drzewostanów. Ujmowany dynamicznie numeryczny model warstwy koron będzie, obok numerycznego modelu terenu, istotnym elementem systemu informacyjnego Arboretum.

Model warstwy koron zbudowano w oparciu o pomiary wykonane na autografie analitycznym w Instytucie Fotogrametrii i Teledetekcji Uniwersytetu Technicznego w Wiedniu. Wykorzystano stereogram czarno-białych zdjęć lotniczych w skali ok. 1:10000. Dla stereogramu wybrano 15 fotopunktów, których współrzędne zostały określone na podstawie pomiarów osnowy wykonanych z wykorzystaniem tachimetru DI 1000. Osnowa połowa umożliwiła wyznaczenie elementów orientacji zdjęć za pomocą pakietu ORIENT (opracowany przez pracowników Instytutu Fotogrametrii i Teledetekcji Uniwersytetu Technicznego w Wiedniu). Uzyskane informacje przesłane do komputera autografu analitycznego BC 3 umożliwiły automatyczne strojenie stereogramu.

Na obszarze Arboretum, na powierzchniach koron drzew i powierzchni terenu (w przypadku, gdy teren nie był pokryty drzewami) umieszczono 4462 punkty aproksymujące kształt powierzchni drzewostanu (punktów nie należy utożsamiać z pojedynczymi drzewami). Przy budowie numerycznego modelu wierzchniej warstwy koron drzew niezbędny był także pomiar nie tylko punktów rozproszonych, lecz również pewnych charakterystycznych linii nieciągłości. Szczególnie istotne znaczenie ma pomiar górnej i dolnej linii nieciągłości na granicach drzewostanów lub w lukach drzewostanu. Ponieważ system SCOP nie pozwala na poprawną interpolację modelu dla pionowej płaszczyzny, konieczny był pomiar dwóch przesuniętych względem siebie linii nieciągłości, jednej usytuowanej na wierzchołkach drzew i drugiej na powierzchni terenu. Na obszarze Arboretum pomierzono 3267 punktów znajdujących się na liniach nieciągłości.

Uzyskane z pomiaru fotogrametrycznego dane zostały przetworzone w systemie SCOP do postaci numerycznego modelu wierzchniej warstwy koron drzew Arboretum. Na podstawie modelu określono strefy spadków i ekspozycji. Istniejący model posłużył również do badania różnorodności obiektu w zakresie rzeźby terenu i wierzchniej warstw koron. System wektorowy zapisu danych przestrzennych zapewniający dokładne odwzorowanie rzeczywistości, ze względu na bogactwo informacji uniemożliwia poznanie i określenie generalnych trendów występujących dla badanego obiektu. Wad tych pozbawiony jest model rastrowy danych przestrzennych. Dla Arboretum wykonano badania różnorodności stref spadków, ekspozycji i wysokości w zgodnym z systemem SINUS [CIOŁKOSZ i in., 1990] polem rastra o bokach 31.25 x 31.25 m.

## 5. Uwagi końcowe

Rozwój Arboretum to przede wszystkim zjawiska towarzyszące wzrostowi drzewostanów i celowej działalności gospodarczej. Nierównomiernie rozmieszczone powierzchnie doświadczalne i kolekcje, grupy drzew i krzewów oraz ich pojedyncze egzemplarze tworzą mozaikę obiektów o różnorodnej wielkości i wysokości, wpływających wzajemnie na siebie. Jest to także układ dynamiczny. Zmieniają się relacje wielkości przestrzeni zajętej przez poszczególne obiekty, modyfikowane są stale warunki wzrostu danego drzewostanu i jego sąsiadów, wyrażając się m.in. w drobnych różnicach mikroklimatu. System informacyjny w powiązaniu z numerycznymi modelami terenu i warstwy koron nadaje się doskonale do prognozowania przebiegu zmian w strukturze przestrzeni Arboretum. Szczególnie cennym może okazać się włączenie do systemu modeli wzrostowych dla poszczególnych drzewostanów lub nawet grup drzew. Punktem wyjścia dla analiz wzrostu drzewostanów będzie zarejestrowany numerycznie kształt powierzchni terenu i warstwy koron drzew.

Zastosowania numerycznych modeli warstwy koron należy widzieć nie tylko w aspektach związanych z Arboretum. Można sądzić, że poprzez usprawnienie prac związanych z projektowaniem kierunków cięć w drzewostanach, staną się doskonałym narzędziem pomagającym w regulacji ładu przestrzennego kompleksów leśnych. W badaniach naukowych może być zastosowany także do oceny bioróżnorodności, jej zmian oraz porównania zróżnicowania poszczególnych obiektów. Interpretacja wyników może dostarczyć cennych informacji ekologom, hodowcom, siedliskoznawcom oraz specjalistom z zakresu produktywności i urządzania lasu.

## 6. Literatura

CIOŁKOSZ A i inni (1990): System informacyjny o środowisku przyrodniczym. Publik. w ramach CPBP 04.10 "Ochrona i Kształtowanie Środowiska Przyrodniczego" [nr 52]. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 156 s.

HOCHSTOGER F.; KANONIER J.; KORPETTA D. (1992): Verknüpfung von ARC/INFO und SCOP für Aufgabenstellungen in der Land- und Forstwirtschaft. [In:] Salzburger Geographische Materialien, Heft 18.

OLENDEREK H.; BĘDKOWSKI K.; KORPETTA D> (1993): GIS für den Botanischen Garten (Arboretum) der Landwirtschaftlichen Universität zu Warschau. 5. Symposium, für Angewandte Geographische Informationsverarbeitung AGIT'93, 7-9. Juli, Salzburg. [w druku].

Programmsystem SCOP zur Erstellung, Wartung und Anwendung digitaler Geländemodelle (Produktinformation). Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien(1991).

**Recenzował:** dr inż. Krystian Pyka

dr inż. Krzysztof Będkowski

dr inż. Dariusz Korpetta

Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Warszawa, ul. Rakowiecka 26/30