

HERONIM OLENDEREK

## Systemy informacji przestrzennej w badaniach wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy leśne\*

Geographical Information Systems in the Researches  
into the Impact of Climatic Changes on Forest Ecosystems

### Wprowadzenie

**S**ystem informacji przestrzennej (SIP) jest systemem pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych, w których zawarte są informacje przestrzenne oraz towarzyszące im informacje opisowe o obiektach wyróżnionych w części przestrzeni objętej działaniem systemu. Pojęcie to wiąże się bardzo ściśle a nawet jest utożsamiane, z pojęciami: "System Informacji Terenowej" (SIT; dla małych obszarów, duże skale opracowań kartograficznych) i "System Informacji Geograficznej" (GIS — Geographic Information System; dla dużych obszarów, małe skale opracowań kartograficznych). Międzynarodowa Federacja Geodetów określa, że "SIT jest to środek do podejmowania decyzji o charakterze prawnym, administracyjnym i gospodarczym oraz pomoc w planowaniu i rozwoju. Składa się on z bazy danych zawierających dane przestrzenne dotyczące określonego obszaru oraz procedur i technik systematycznego zbierania, obróbki, aktualizacji, przetwarzania i dystrybucji tych danych".

W zależności od postaci informacji geometrycznych wyróżniamy systemy wektorowe i rastrowe.

Podstawowym elementem wielu systemów informacji przestrzennej, niekiedy traktowanym jako niezależny system informacji, jest numeryczny model terenu (NMT) opisujący pionowe ukształtowanie terenu za pomocą zbioru współrzędnych punktów (x, y, z) oraz algorytmów interpolacyjnych.

---

\* Referat wygłoszony na sympozjum pt. "Ekosystemy leśne w obliczu globalnych zmian klimatu", Białowieża 1993 r.

Systemy informacji przestrzennej są doskonałym narzędziem do badania ekosystemów leśnych, do oceny ich zmian, prognozowania i modelowania, w tym z uwzględnieniem zmian klimatycznych. Umożliwiają integrację danych zebranych różnymi metodami i w różnym czasie (dane numeryczne, dane tekstowe, zdjęcia lotnicze i obrazy satelitarne, mapy), ich przetwarzanie i udostępnianie w postaci tekstowej, cyfrowej lub kartograficznej.

W analizach i prognozach pogody już od przełomu XVII i XVIII wieku wykorzystywano mapy synoptyczne. Stanowiły one z jednej strony odzwierciedlenie aktualnego stanu wiedzy z zakresu meteorologii i metod prezentacji kartograficznej, z drugiej zaś, pełniły ważną rolę w poznawaniu prawidłowości rozwoju procesów atmosferycznych. Obecnie w meteorologii stosuje się przede wszystkim obrazy satelitarne (satelity serii METEOSAT) i systemy informacji przestrzennej. Analiza kolejnych obrazów umożliwia śledzenie zmian i prognozowanie. Systemy informacji przestrzennej pozwalają wykorzystać ogromny, niemożliwy dotychczas do opracowania materiał obserwacyjny, dotyczący stanu warunków meteorologicznych z różnych okresów czasowych w wymiarze globalnym. Określane zmiany, ich tendencje, dynamika i prognozy mogą dotyczyć zarówno wybranych regionów, kontynentów jak i całego świata. Analizy te mogą uwzględniać konfigurację terenu (przez zastosowanie jego modelu numerycznego) oraz zmiany w szacie roślinnej i zagospodarowaniu.

W Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej SGGW od kilku lat prowadzone są prace metodyczne nad wykorzystaniem systemów informacji przestrzennej do oceny zmian terenów leśnych, parków narodowych i parków zabytkowych. W badaniach wykorzystuje się następujący **sprzęt informatyczny**:

stacja robocza HP 715 Apollo,  
komputery zgodne z IBM PC 386 i 486,  
ploter Rolland DPX 3300,  
digimetry: Kurta IS 3, KAR-A2 MU

i oprogramowanie,

ARC/INFO w. 6.1.1. (ESRI),  
PC ARC/INFO w. 3. 4. 1. (ESRI),  
MGE PC (INTERGRAPH),  
Auto Cad w 10 PL (Autodesk),  
ERDAS VGA (Erdas),  
SCOP (Inpho Gm BH),  
GEMINI (VIAK),  
MAPA 500 (APLIKOM),  
KAMISCAN (KORDAB).

Badania dotyczą różnych poziomów szczegółowości: kompleksu leśnego, nadleśnictwa lub parku narodowego i całego kraju.

## Wykorzystanie systemów informacji przestrzennej na poziomie kompleksu leśnego

Pierwsze próby wykorzystania systemów informacji przestrzennej do oceny zmian struktury kompleksu leśnego miały miejsce na terenie obiektu "Popień" w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Rogowie. Wykorzystując archiwalne i aktualne mapy gospodarcze w systemie PC ARC/INFO zbudowano geometryczną bazę danych uroczyska. Na podstawie operatów urządzania lasu, dla każdego wyłączenia, wprowadzono do systemu 15 informacji charakteryzujących te elementarne jednostki geometryczne. Korzystając z mapy topograficznej 1:10 000 oraz pakietu programów SCOP zbudowano numeryczny model terenu. Zdjęcia lotnicze w skali 1:10 000 oraz program SCOP wykorzystano do budowy numerycznego modelu wierzchniej warstwy koron. Opracowanie zdjęć wykonano za pomocą autografu analitycznego. Dokonano transformacji systemu wektorowego na rastrowy o polu podstawowym zgodnym z systemem SINUS. Pole odniesienia podstawowego było wielkością zmienną: 31,25 x 31,25 m (P-7), 62,5 x 62,5 m (P-6), 125 x 125 m (P-5), 250 x 250 m (P-4), 500 x 500 m (P-3). Powstałe bazy danych wykorzystano do określania stopnia zróżnicowania przestrzennego cech drzewostanu, i cech terenu oraz ich zmian. Uwzględniono m.in. nachylenie i ekspozycję terenu, oraz nachylenie i ekspozycję (uśrednioną) wierzchniej warstwy koron. Jako miary różnorodności przyjęto: entropię, współczynnik Szyrmera i współczynnik autokorelacji. Proponowana metodyka, uwzględniająca rzeźbę terenu oraz ekspozycję terenu i wierzchniej warstwy koron, może być zastosowana do oceny różnorodności i jej zmian, oraz do porównania zróżnicowania różnych obiektów. Interpretacja wyników może dostarczyć cennych informacji: ekologom, hodowcom lasu, typologom, siedliskoznawcom, specjalistom z zakresu produktywności i urządzania lasu (17, 18).

## Wykorzystanie systemów informacji przestrzennej na poziomie nadleśnictwa lub parku narodowego

Na terenie Lasów Państwowych wprowadzany jest **system informatyczny lasów państwowych ze szczególnym uwzględnieniem nadleśnictwa (silp)**. Jednym z 5 modułów systemu jest moduł LAS. Służy on do gromadzenia, przetwarzania i udostępniania informacji o lesie przy założeniu, że elementarnym elementem jest wydzielenie. 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. Instytut Badawczy Leśnictwa wspólnie z Katedrą Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej prowadzą prace nad uzupełnieniem SILP o system informacji przestrzennej. Zintegrowane dane przyrodniczo-leśne, przedstawiające stan lasu w różnych okresach, uzupełnione o charakterystyki terenu, informacje o zanieczyszczeniu i dane meteorologiczne, mogą być wykorzystane do oceny zmian (15, 16, 19).

Opracowana została również koncepcja budowy systemu informacji przestrzennej dla parków narodowych (Olenderek H., Korpetta D., 1993). W ramach opracowania planu ochrony dla Kampinoskiego Parku Narodowego, korzystając ze zdjęć lotniczych, materia-

łów kartograficznych oraz oprogramowania systemowego ARC/INFO, dokonano oceny zmian struktury wewnętrznej parku i jego otuliny. Ocena uwzględnia zróżnicowanie topograficzne obiektu oraz może być uzupełniona o aspekt klimatyczny.

Systemy informacji przestrzennej powstaną w najbliższym czasie dla Pienińskiego Parku Narodowego (koncepcja jest już opracowana) oraz dla Białowieskiego Parku Narodowego i Sudetów (w ramach grantu GEF).

W tym miejscu na szczególne podkreślenie zasługuje cyfrowe opracowanie satelitarnej mapy Tatr (8). Ten typ dokumentu kartograficznego, łączący cechy przetworzonego obrazu satelitarnego i konwencjonalnej mapy tematycznej lub topograficznej, bez generalizacji treści, jest istotny do lepszego poznania i zrozumienia funkcjonowania środowiska przyrodniczego oraz jego zmian, w tym zmian zachodzących w długich przedziałach czasowych.

### **Wykorzystanie systemów informacji przestrzennej na poziomie regionalnym i krajowym**

W ostatnich dwóch latach nastąpił niezwykle dynamiczny rozwój użytkowania systemów informacji przestrzennej. Zastosowania są tak różnorodne zarówno pod względem formy i treści, jak i skali, że nawet trudno je w sposób pełny sklasyfikować. Poniżej przedstawię te wybrane przykłady, które wiążą się ściśle z badaniem stanu i zmian środowiska leśnego, z jednej strony ukazujące możliwości, a z drugiej — źródła danych, możliwe do wykorzystania przez różnych specjalistów.

#### **Raport o stanie środowiska przygotowany przez GRID Warszawa**

Centrum GRID Warszawa należy do sieci dziewięciu międzynarodowych ośrodków badawczych GRID (Global Resource Information Database) obserwujących i rejestrujących zmiany środowiska w świecie. Podlega ono organizacyjnie Narodowej Fundacji Ochrony Środowiska. Centrum to ma za zadanie "zbierać, analizować i przekazywać informacje o zjawiskach i procesach dotyczących zmian zachodzących w przyrodzie w całej biosferze i na poszczególnych obszarach" (3). Termin Konferencji zbiega się czasowo z terminem wydania raportu "Stan środowiska w Polsce". Głównym jego celem jest prezentacja stanu, zagrożeń oraz metod ochrony poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego. Z punktu widzenia badania globalnych zmian środowiska i wykorzystania raportu przez różne ośrodki badawcze, ogromne znaczenie ma fakt, iż w trakcie prac nad raportem zbudowano lub zgromadzono komputerowe bazy danych różnych komponentów środowiska. Zastosowano systemy: PC KARTEM, SINUS, ARC/INFO i SURFER. Całość prac redakcyjnych wykonano również przy użyciu techniki komputerowej.

#### **Projekt systemu biologicznych wskaźników stanu i zmian środowiska**

Na zlecenie Narodowej Fundacji Ochrony Środowiska zespół ekspertów opracował propozycję zestawu biologicznych wskaźników stanu i zmian środowiska. W Katedrze Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej opracowano koncepcję wykorzystania rastrowych i wektorowych systemów informacji przestrzennej dla potrzeb dokumentowania zmian środowiska za pomocą wskaźników biologicznych (18).

System umożliwia ocenę zmian w układzie przestrzennym z uwzględnieniem zmian klimatycznych i zanieczyszczeń powietrza.

### **System informatyczny o środowisku przyrodniczym i czynnikach mu zagrażających — PEZET-1**

System informatyczny PEZET-1 zaprojektowano w ramach Monitoringu Ziemi — Państwowego Monitoringu Środowiska na zlecenie Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (26). System jest systemem rastrowym, zgodnym z polami podstawowymi SINUS. Każde pole podstawowe integruje cechy kilkudziesięciu danych o środowisku, m.in.: rodzaje siedlisk leśnych, opady atmosferyczne w mm, temperatury średnie roczne, liczby dni z przymrozkami, stężenie SO<sub>2</sub>, bilans emisji pyłu itd. System funkcjonuje na podstawie komputerów klasy IBM PC/AT/286/386/486.

### **Numeryczne opracowanie regionalizacji przyrodniczo-leśnej**

W Katedrze Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej powstało numeryczne opracowanie regionalizacji przyrodniczo-leśnej. Utworzono również, na podstawie mapy geograficznej Polski, numeryczny model terenu. Utworzona baza danych dla mezoregionów, zintegrowana z numerycznym modelem terenu, pozwala na analizę stanu i zmian środowiska leśnego dla terenu całego kraju (16).

### **Zmiany krajobrazu kulturowego**

Globalne zmiany środowiska przyrodniczego w zależności od czynników klimatycznych mogą być badane również na przykładzie parków zabytkowych i pomników przyrody. Możemy wtedy mówić nie o zmianach środowiska przyrodniczego ale o zmianach krajobrazu kulturowego. Bogate doświadczenia w tym zakresie ma Katedra Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, gdzie powstały koncepcje obiektowego i ponadobektowych systemów informacji przestrzennej dla parków zabytkowych (22, 20, 21), a także koncepcja systemu "Pomniki przyrody" (7).

Stworzone bazy danych dotyczące parków zabytkowych i pomników przyrody są jak dotychczas mało wykorzystywane do badania zmian w krajobrazie kulturowym.

### **Wybrane przykłady innych zastosowań SIP**

- Badania hydrologiczne, w tym zastosowanie modelu hydrologicznego i GIS do badania wpływu wycięcia lasu na przepływ wód (12, 13, 14, 25).
- Modelowanie klimatyczne (1, 6).
- Kartowanie ryzyka ekologicznego (5, 9).

### **Globalne wykorzystanie systemów informacji przestrzennej**

Analiza danych paleoklimatycznych, a także danych z okresu obserwacji instrumentalnych, wyraźnie dowiodła, że klimat Ziemi zmienia się. Przyczyną tych zmian są zarówno czynniki naturalne np. zmiany elementów orbity ziemskiej czy zmiany ilości dopływu energii słonecznej, jak i antropogeniczne, związane głównie z emisją do atmosfery różnych gazów, np. CO<sub>2</sub>. Globalnymi zmianami klimatu interesują się specjaliści różnych dziedzin

domagając się przede wszystkim informacji o wielkości tych zmian w bliskiej i dalszej przyszłości. Podstawową metodą tych badań są matematyczne modele klimatu. Budowa tych modeli (pierwsze powstały już w 1969) została zdecydowanie usprawniona w momencie wprowadzenia systemów informacji przestrzennej, jako metody przetwarzania danych, oraz teledetekcji — jako podstawowej metody ich zbierania.

System klimatyczny obejmuje atmosferę, ocean, kriosferę, litosferę i biosferę. Wymienione składniki systemu wzajemnie na siebie oddziałują w różnych skalach czasowych. Pełna integracja tych danych, wraz z analizą przyczyn i skutków, np. wpływu zmian klimatu na ekosystemy leśne oraz wpływu zmian ekosystemów na zmiany klimatu, może mieć miejsce tylko przy zastosowaniu systemów informacji przestrzennej.

Największe zastosowanie w badaniach zmian klimatu mają modele ogólnej cyrkulacji (MOC) (23). Modele te wykorzystują system rastrowy o bardzo dużych wymiarach rastra ( $5^{\circ}$ – $7^{\circ}$ ). Ich wiarygodność jest stosunkowo mała w skali regionalnej, gdzie wymagana jest większa szczegółowość danych a także konieczne uwzględnienie przewidywanej gospodarczej działalności człowieka (zmiany użytkowania ziemi, wylesienia, spalanie kopalin itp.).

Globalne wykorzystanie systemu informacji przestrzennej intensywnie wzrasta. Geolodzy glacialni i glaciolodzy interesują się reakcją lodowców i lądolodów na te zmiany. Z kolei chemicy i botanicy opracowują prognozy dotyczące zmian w globalnym obiegu węgla, przesunięcia się stref roślinnych, wzrostu biomasy. Problemem przesunięcia się stref produkcji żywności interesują się z kolei socjologowie i politycy. Powstają różnego rodzaju instytucje i międzynarodowe programy badawcze, których celem jest globalna ocena stanu i zmian zasobów przyrodniczych. Oto niektóre z nich.

### **Program CORINE**

Program CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) został utworzony przez Komisję Europejską w czerwcu 1985 i realizowany do 1990. Miał on m.in. za zadanie integrowanie danych o środowisku, pochodzących z różnych źródeł, oraz stworzenie Systemu Informacji Geograficznej gromadzącego, przetwarzającego i dostarczającego informacji o środowisku dla potrzeb polityki Wspólnoty. Powstało wiele baz danych opracowanych wg jednolitej metodyki. Od 1991 trzy Podprogramy tego Programu są realizowane w Europie środkowo-wschodniej ze środków PHARE. Są to Podprogramy: CORINE-Biotopes, za który odpowiada Instytut Botaniki PAN z Krakowa, CORINEAIR — firma ATMOTERM z Opola, CORINE — Land Cover — Instytut Geodezji i Kartografii. Największym przedsięwzięciem CORINE jest baza danych użytkowania ziemi (pokrycie terenu — Land Cover). Wykorzystywane są systemy ERDAS, SINUS i ARC/INFO, którego format wymiany danych (ARC/INFO Interchange File) jest standardem przekazywania danych w Programie CORINE. W Wydziale GIS Europejskiej Agencji Środowiskowej dane te będą integrowane z bazą dla całego kontynentu. Mogą być z powodzeniem wykorzystywane w badaniach globalnych zmian środowiska i ich wpływu na ekosystemy leśne.

## GRID (Global Resource Information Database)

Światowa Baza Danych o Zasobach utworzona została w 1985 r. przez UNEP (Program Środowiskowy Narodów Zjednoczonych). Jest to system współpracujących ze sobą ośrodków, powołanych w celu przetwarzania specjalnych typów informacji o środowisku na postać przystępną i dostępną dla międzynarodowych i krajowych ośrodków zarządzających środowiskiem. Przetwarzanie danych, w tym analizy przestrzenne, wykonywane jest z zastosowaniem systemów informacji przestrzennych oraz przetwarzania obrazów satelitarnych (Image Processing). Siedzibami ośrodków GRID są następujące miasta: Nairobi (główna placówka koordynująca realizację projektów międzynarodowych) Genewa, Bangkok (Tajlandia), Arendal (Norwegia), Tsukaba (Japonia), Sioux Falls (USA) oraz Warszawa. Podstawowym zadaniem tych ośrodków jest dostarczanie społeczności międzynarodowej aktualnych, wiarygodnych, przestrzennych informacji o środowisku oraz obsługa baz danych dla zastosowań naukowych, a także zarządzania zasobami naturalnymi.

### Wybrane przykłady innych zastosowań SIP

- Prace Global Environment Monitoring System (GEMS) — agencji UNEP dla potrzeb monitoringu środowisk.
- Prace Global Soil and Terrain Digital Data Base (SOTER) — systemu informacji o glebach i zasobach glebowych świata.
- Prace Instytutu Zastosowań Teledetekcji (Institute for Remote Sensing Applications, 1991, 1992).
- Wykorzystanie SIP w metodzie "Critical Loads/Levels", zaakceptowanej przez UN ECE (United Nations Economic Commission for Europe) jako narzędzie wspomagania decyzji w ramach konwencji dotyczącej wielkoobszarowych, transgranicznych zanieczyszczeń powietrza (11).
- Numeryczna mapa ekologiczna (24).
- Numeryczna Mapa Świata (Geoforum 2, 1993).
- Satelitarne mapy świata (27):
  - Toma Van Santa (Santa Monica) — w ramach "Geosphere Projekt",
  - W.T. Sullivona (University of Washington).
  - "Przekształcenia ekosystemów przez człowieka" — Conservation International.

### Podsumowanie

Zastosowanie systemów informacji przestrzennej w badaniach wpływu globalnych zmian klimatycznych na ekosystemy leśne prowadzi do zmian koncepcji badawczych i odrzucenia niektórych ograniczeń badawczych.

Przedstawione w referacie informacje wskazują na istniejące systemy i bazy danych możliwe do zastosowania na różnych poziomach badań, od kompleksu leśnego aż do układu globalnego.

Zastosowanie systemów informacji przestrzennej umożliwia integrację coraz większej liczby czynników (w tym klimatycznych) i prowadzi do rozwiązania problemów postrzeganych dotychczas jako bardzo skomplikowane. Obiekty i zjawiska należy zawsze badać w nierozdzielalnym kontekście środowiska, w którym występują i które współtworzą. Utworzona przez poszczególne składniki całość, jest zawsze większa niż prosta ich suma. Systemy informacji przestrzennej uzupełniane obrazem (satelitarnym, fotogrametrycznym, wideo) ułatwiają zrozumienie tego faktu.

Integrująca rola SIP będzie wykorzystana, gdy będą one narzędziem pracy wszystkich dyscyplin o charakterze przestrzennym. Stąd wyjątkowa aktualność hasła III Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej" (Warszawa, 6–8 czerwca 1993), "Współpraca niezbędnym warunkiem rozwoju SIP".

## Literatura

1. **Adlmanneder J.** GIS — Anwendung unter Einbeziehung einer explorativen Datenanalyse, geuigt am Beispiel der Ozonverteilung im Raum Klagenfurt. Salzburger Geographische Materialien, Heft 18, 1992.
2. **Andrzejewska M., Baranowski M.** Wykorzystanie technik systemów informacji geograficznej do opracowania raportu o stanie środowiska. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej", 6–8 września, Warszawa, 1993.
3. **Andrzejewski R., Baranowski M.** Stan środowiska w Polsce. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska i Centrum Informacji o Środowisku, GRID-Warszawa, Warszawa, 1993.
4. **Baranowski M.** Program CORINE jako podstawa metodyki opracowania numerycznej mapy użytkowania ziemi. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej", 6–8 września, Warszawa, 1993..
5. **Bayer I., Fischer E., Weihrich D.** GIS als Instrument zur Durchführung einer ökologischen Risikoanalyse — ein methodischer Beitrag zur Umweltverträglichkeitsstudie. Salzburger Geographische Materialien, Heft 18, 1992.
6. **Belina G.** Modellierung der räumlichen Verteilung von Klimaelementen im Land Salzburg. Salzburger Geographische Materialien, Heft 18, 1992.
7. **Będkowski K., Olenderek H.** Koncepcja systemu informacji przestrzennej o drzewach — pomnikach przyrody. Komunikaty Dendrologiczne 17, str. 31–35, 1991.
8. **Bielecka E., Fedorowicz-Jackowski W.** Cyfrowe opracowanie satelitarnej mapy Tatr. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej", 6–8 września, Warszawa 1993.
9. **Dorninger G., Schwarz M.** Ökologische Risikoanalyse am Beispiel des Konfliktbereiches Grundwasser. Salzburger Geographische Materialien, Heft 18, 1992.



10. Institute for Remote Sensing Applications. Annual Reports 1991, 1992. Joint Research Centre. Commission of the European Communities. Brussels, Luxembourg.
11. **Köble R., Smiatek K.** Datenbedarf und Datenverarbeitung in der Kartierung kritischer Luftbelastungen (Critical Loads/Levels) Geo-Informations-Systeme, Vol. 5, No 3, 1992.
12. **Lüllwitz T.** Der Einsatz eines GIS zur Charakterisierung von Gebietsparametern für Hydrologische Modellzwecke. Salzburger Geographische Materialien. Heft 18, 1992.
13. **Lüllwitz T.** The Application of a Hydrologic Model and GIS to Simulate Water Yield Increase due to Timber Harvest in a Subalpine Watershed. Geo-Informations-Systeme. Vol. 6, Nr 4, 1993.
14. **Magnuszewski A.** Zastosowanie cyfrowych modeli terenu (DTM) w badaniach hydrologicznych Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej". 6–8 września, Warszawa 1993.
15. **Olenderek H., Korpetta D.** Możliwości wykorzystania systemów informacji przestrzennej na poziomie nadleśnictwa. Materiały Sympozjum "Metody numeryczne w leśnictwie". 7 maja, Politechnika Warszawska, 1992.
16. **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.
17. **Olenderek H., Korpetta D., Kamińska G., Nowicki A.** Numerical terrain model as base for forest environment research in the range of forest superintendency and whole country. Proceedings International Conference "Climate and atmospheric deposition monitoring studies in forest ecosystems". 7–9 października, Nieborów, 1992.
18. **Olenderek H., Mozgawa J., Korpetta D., Kamińska G.** Biologiczne wskaźniki stanu i zmian środowiska w Geograficznym Systemie Informacyjnym. [In:] Projekt systemu biologicznych wskaźników stanu i zmian środowiska dla potrzeb monitoringu. Instytut Podstawowych Problemów Ekologii, Warszawa, 1992.
19. **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.
20. **Olenderek H., Korpetta D., Nowicki A.** Numerical methods for the analysis of state of the historic parks. Proceedings 1st Conference of International IALE Working Group "Landscape Synthesis": "Landscape research and its applications in environmental management", Warsaw, 6–9 Oktober, 1993.
21. **Olenderek H., Korpetta D., Nowicki A.** GIS in the Research of a Cultural Landscape on the Example of Historic Parks. Conference Proceedings "GIS for Environment", 25–17 November, Kraków, 1993.

22. **Olenderek H., Korpetta D., Karaszkiwicz W., Nowicki A.** A Cultural Landscape in a Geographic Information System. Proceedings the Eighth European ARC/INFO User Conference, Marathon Data System. 11–13 October, Athens, 1993.
23. **Przybylak R.** Modele klimatyczne i ich wykorzystanie do prognoz zmian klimatu. *Przegląd Geograficzny*, zeszyt 1–2. 1993.
24. **Schreiber K.F., Heiss M., Thole R.** A computer programme for the construction of digital ecological maps. IALE Proceedings of International Seminar on Methodology in Landscape Ecological Research and Planning, III, Roskilde. 1984.
25. **Tertilt K., Merkel B., Schwaben M.** Simulation der Grundwassergefährdung mit Hilfe Hybrider GIS- Technologie. *Geo-Informations-Systeme*. Vol. 6, nr 4, 1993.
26. **Truszkowska R.** System informatyczny o środowisku przyrodniczym i czynnikach mu zagrażających: BIGLEB-PTG, PEZET-1-IOŚ. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej "Systemy Informacji Przestrzennej", 6–8 września, Warszawa, 1993.
27. **Wood D.** Siła map. *Świat Nauki* nr 7, 1993.

## Summary

A geographical information system (GIS) is a system for data acquisition, data processing and rendering it accessible. It comprises spatial information and thematic data which contain descriptive characteristics about distinguished objects in a part of space covered by a system. The International Federation of Surveyors defined a GIS as a tool for supporting decision making processes in the fields of law, administration, and economy; it also supports planning and development.

A basic component of several GISes is a digital terrain model (DTM) which described vertical shape of the terrain. Sometimes, DTM is treated as an independent information system.

Geographical information systems are ideal tools for the research into forest ecosystems, assessing their changes, prognosis and modelling with regards to climatic changes. They make it possible to integrate data that were gathered by different methods in different time (numerical data, text, aerial photographs, satellite imagery, video, maps), process them and render them accessible in text, digital and cartographic forms.

Geographical information systems can be used at level of forest complex, forest district, national park, region, country, and at global level (continent and the whole world).

This paper describes the potential application of GIS at various levels of minuteness of detail by presenting the results of the researches conducted by the Department of Forest Management and Forest Geodesy of Warsaw Agricultural University and the results of some national and international research projects.

The main used software packages were ARC/INFO, SINUS, and, for building digital terrain model, SCOP system.