

GEOINFORMATICA
POLONICA

6 : 2004

POLSKA AKADEMIA UMIEJĘTNOŚCI
PRACE KOMISJI GEOINFORMATYKI

GEOINFORMATICA
POLONICA

6



KRAKÓW 2004

SPIS TREŚCI

Artykuły

Joanna BAC-BRONOWICZ	
<i>Rola mapy w geoinformacji.....</i>	7
Aleksander CIANCIARA, Bogdan CIANCIARA	
<i>Zagadnienia identyfikacji procesów geodynamicznych wywołanych eksploatacją górnictw.....</i>	17
Katarzyna FAGIEWICZ, Lidia PONIŻY	
<i>Wykorzystanie numerycznej mapy sozologicznej (1:50 000) w ilościowych badaniach stanu środowiska przyrodniczego.....</i>	33
Beata HEJMANOWSKA, Ewa GŁOWIANKA	
<i>Wstępne wyniki pomiarów spektrometrycznych i klasyfikacji obrazów hiperspektralnych rekultywowanego obszaru Tarnobrzeskiego Zagłębia Siarkowego.....</i>	49
Stanisław F. JUCHA, Janusz KOTLARCZYK, Wojciech MASTEJ	
<i>Cyfrowe mapy prognozy potencjalnych skał zbiornikowych węglowodorów.....</i>	59
Andrzej MAKOWSKI	
<i>Mapa – puścizna kulturowa postaci przekazu geoinformacji (ontogeneza mapy).....</i>	67
Sławomir MIKRUT, Krystian PYKA, Józef JACHIMSKI	
<i>Współczesne tendencje w zakresie kompresji zdjęć lotniczych i obrazów teledetekcyjnych</i>	81
Jan R. OŁĘDZKI	
<i>Geoinformatyka zintegrowanym narzędziem badań przestrzennych</i>	91
Joanna PLUTO-KOSSAKOWSKA	
<i>Wykorzystanie klasyfikacji eksperckiej zdjęć satelitarnych w systemach informacji o glebach.....</i>	99
Mateusz TROLL	
<i>Zastosowanie GIS i teledetekcji w badaniach użytkowania ziemi w Beskidach Zachodnich.....</i>	109
Bogdan ZAGAJEWSKI	
<i>Zastosowanie geoinformacji w badaniach wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym i jego otulinie</i>	123

Kronika

Kronika prac Komisji Geoinformatyki PAU (Janusz KOTLARCZYK, Ryszard ŚLUSARCZYK).....	137
--	-----

Informacje o konferencjach

Ogólnopolskie Interdyscyplinarne Sympozjum	
<i>Geoinformacja zintegrowanym narzędziem badań przestrzennych (Joanna BAC-BRONOWICZ, Józef JACHIMSKI).....</i>	139

JOANNA BAC-BRONOWICZ¹

ROLA MAPY W GEOINFORMACJI

Słowa kluczowe:

mapa, geoinformacja, geowizualizacja, mapy topograficzne

Abstrakt

Nowoczesne narzędzia umożliwiły wygenerowanie niemal w czasie rzeczywistym wyselekcjonowanej graficznej i opisowej informacji geograficznej oraz wielostronne poznanie rzeczywistości. Technologie geograficznych systemów informacji pozwoliły tworzyć mapy szybciej, taniej i w większych ilościach niż kiedykolwiek przedtem. Przetworzone dane stały się źródłem nowych informacji i stanowią podstawę do głębszego poznania zjawisk i procesów oraz ich zależności. Mapy zaczęły także służyć do odkrywania nowych rozkładów przestrzennych na zlecenie odbiorców indywidualnych. Nowe przedsięwzięcie interdyscyplinarne łączące systemy informacji geograficznej, technologie przetwarzania informacji i kartografię nazwano wizualizacją geograficzną. Geowizualizacja stała się interfejsem intelektualnym działającym na kierunkach zwrotnych: kartografia - geoinformacja w postaci multimedialnej, hipermedialnej i wirtualnej.

Polski zasób map topograficznych stanowi ilustrację burzliwego rozwoju potrzeb geoinformacyjnych. W ubiegłym roku wprowadzono Wytyczne Techniczne Bazy Danych Topograficznych (BDT). Jednym z celów budowy BDT jest zapewnienie zasilania aktualnymi danymi topograficznymi systemów produkcji map topograficznych. Jest to ważny krok w zakresie tworzenia i unowocześniania polskiej mapy topograficznej. Należy jednak podkreślić wysoką jakość kartograficzną obecnie obowiązującej polskiej mapy topograficznej 1:10 000. Ewentualną decyzję dotyczącą odejścia od wydawania map w tej postaci należy podejmować z wielką rozważą i po wnikliwej analizie innych korzyści wynikających z tej decyzji.

ROLE OF THE MAP IN GEOINFORMATION

Key words:

map, geoinformation, geovisualisation, topographic maps

¹Akademia Rolnicza, Katedra Geodezji i Fotogrametrii, Wrocław

informacji geograficznej oraz wielostronne poznanie rzeczywistości (Berland 2000). Przetworzone dane stały się źródłem nowych informacji i stanowią podstawę do głębszego poznania zjawisk i procesów oraz ich zależności (Baranowski 1999).

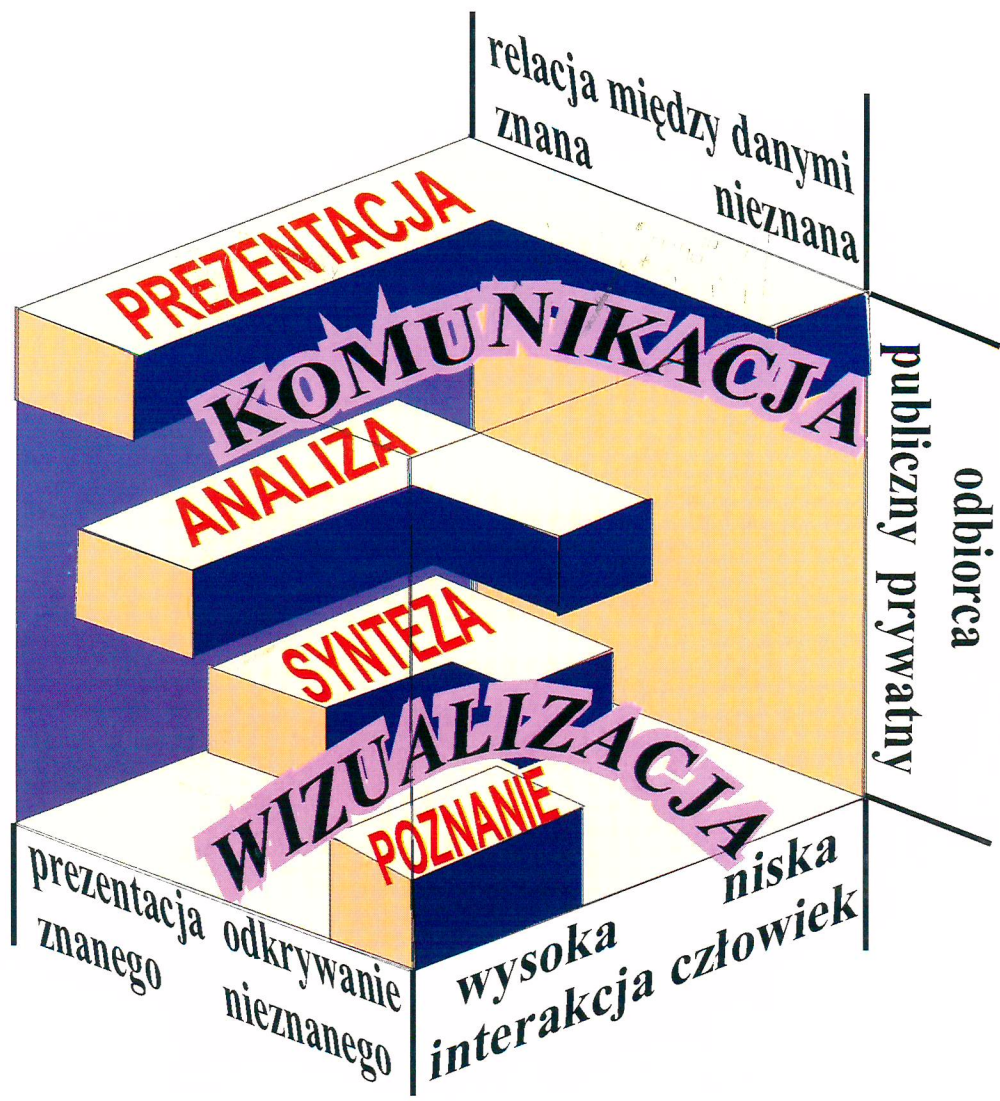
Obecnie tworzy się graficzne wektorowe bazy systemów informacji geograficznej, a mapa jest jednym z najważniejszych ich produktów. Mapy cyfrowe stały się najczęstszym sposobem przedstawiania geoinformacji, obrazem wyników teoretycznych badań naukowych, niezbędnym narzędziem do podejmowania szybkich decyzji, symulacji procesów, czy wielowariantowego projektowania inżynierskiego. Cyfrowe postacie map stanowią o wzbogaceniu przekazu informacji, otwierając inne, dotychczas niewykorzystane właściwości postrzegania zmysłowego (luminescencja, dobór barw niedostępnych w druku czy zróżnicowanie czasu przez migotania znaków). Wynikiem geowizualizacji w najnowocześniejszej formie jest animacyjny typ modelowania procesów (Krzywicka-Blum 2003).

Zmiana podejścia nauki do badań przestrzennych za pomocą geoprzedstawień

Z punktu widzenia kartografii, oprócz spełniania tradycyjnej roli orientacyjnej, mapy zaczęły być narzędziami o wysokim stopniu interaktywności. Zaczęły także służyć do odkrywania nowych rozkładów elementów przestrzennych na zlecenie odbiorców indywidualnych. Ogólnie można stwierdzić obecnie rozszerzenie funkcji map, sposobu ich wykorzystania i zmiany w grupach użytkownika map. Schemat przestrzenny opracowany na podstawie modelu koncepcyjnego przedstawionego przez Komisję ds. Wykorzystania Map Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej przedstawiono na rycinie 1 (MacEachren 1996). Pokazuje na zmiany, jakie zaszły zarówno w celach wykorzystania map - przejście od wydobywania informacji do badania informacji, jak i w elastyczności korzystania z map - odejście od statycznych map w kierunku map charakteryzujących się wysoką dynamiką. Prezentację na mapach zjawisk znanych i zbadanych uznano za przekaz statyczny, zgodny

z rolą mapy przed wprowadzeniem nowych technologii: systemów informacji geograficznej i rzeczywistości wirtualnej. Konwencjonalną rolą takiej mapy jest dostarczanie informacji, prezentowanie stanu wiedzy o środowisku. Rodzaj i zakres przekazywanej w ten sposób informacji jest uzależniony od decyzji generalizacyjnych kartografa: wyboru, uogólnienia i syntezy danych przestrzennych, a także wyboru metody prezentacji. Mapy te służą wyłącznie do oglądania i nie ma możliwości ingerencji w ich treść. Mapy te mogą być sporządzane w formie analogowej, rastrowej i wektorowej. Najczęściej są udostępniane w formie bitmap, dostosowanej do udostępniania w popularnych formatach na CD lub przez internet. Typowymi przykładami są analogowe mapy topograficzne i atlasy tematyczne udostępnione w formie rastrowej, wykorzystywane często jako tło w różnych formach wizualizacji badawczej. Do tej grupy należą także elektroniczne atlasy samochodowe w wersjach „do oglądania”. Powyższy typ komunikacji zakwalifikowano jako publiczny przekaz wizualny.

Przeciwstawieniem map statycznych są mapy dynamiczne, zwane interaktywnymi, umożliwiające poznanie „nieznanego” przez indywidualne „myślenie wizualne”, czyli wyobraźnię obrazową. Zmienia się rola mapy: z wydobywania informacji na badanie informacji. Mapy takie wykorzystuje się przede wszystkim w ekspertyzach kartograficznych. Zaangażowanie wyobraźni ekspertów z różnych dziedzin wiedzy następuje podczas poszukiwawczej fazy przetwarzania danych przestrzennych i prowadzi do odkrycia nieznanych relacji w przestrzeni geograficznej. Rolą kartografa w takich badaniach jest przekazanie swojego doświadczenia i wiedzy przez dostarczenie ekspertom narzędzi pomagających tworzyć mapy do określonych potrzeb. Celem deklarowanym przez zwolenników map interaktywnych jest możliwość wykorzystywania do prowadzonych indywidualnie analiz danych nieprzetworzonych, a więc nieobarczonych wpływem subiektywnych procesów generalizacyjnych. Zasadnicze zmiany można też zauważyć w sposobie korzystania z map. Część użytkowników deklaruje odejście od statycznych map w kierunku map charakteryzujących się wysoką



Ryc.1. Trzy zasadnicze kierunki zmian w wykorzystaniu map. Model koncepcyjny opracowany na podstawie prac Komisji ds. Wykorzystania Map Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej.

Fig. 1. Three basic directions of changes in maps' usage. Conceptual model of map use (ICA Commission on Visualization and Virtual Environments).

indywidualnych potrzeb.

Dostępność danych przestrzennych i map

Cyfrowa kartografia przyczynia się znacznie do powszechności produkowania i wykorzystywania map „komputerowych” przez obniżenie kosztów publikacji materiałów kartograficznych, zarówno od strony edytorskiej, jak też poprzez wykorzystanie nowych nośników (CD-ROM zamiast kosztownych matryc, czy też produktów końcowych). Wykonawca i użytkownik map powstających szybko i tanio przestał być uzależniony od kartografa, dzięki szerokiemu dostępowi do narzędzi informatycznych ofiarowanych kartografii. Pozytywną konsekwencją takiego upowszechnienia użytkownika kartografii jest zwiększenie się świadomości potrzeby wiedzy deklaratywnej i proceduralnej na temat geodanych. W odpowiedzi na zmniejszone zaufanie do przetwarzanych informacji nastąpił rozwój modeli koncepcyjnych i związanych z nimi narzędzi do wizualizacji dostępności, jakości i wiarygodności danych. Mapy powstałe na bazie takich analiz niosą ze sobą informacje o różnej przydatności i wiarygodności przedstawianych informacji. Niezbędne w tym celu metadane dotyczą: pochodzenia - aktualności i typu przetwarzania, dokładności położenia, dokładności atrybutowej (globalnej i lokalnej), zwartości logicznej, kompletności, informacji o reprezentatywności danych.

Wizualizacja kartograficzna

Nowe przedsięwzięcie interdyscyplinarne łączące systemy informacji geograficznej, technologie przetwarzania informacji i kartografię nazwano wizualizacją geograficzną. Wizualizacja geograficzna rozumiana jest zarówno jako przedmiot badań, jak i narzędzie do postrzegania i wykorzystywania danych. Określono też priorytety badań wizualnych kartografii poszukiwawczej (Komisja ds. Wizualizacji...):

- PREZENTACJA - reprezentacja zjawisk i procesów zachodzących w przestrzeni i czasie oraz prezentowanie wiarygodności danych (Howard i in. 1996; Final Report 2000),

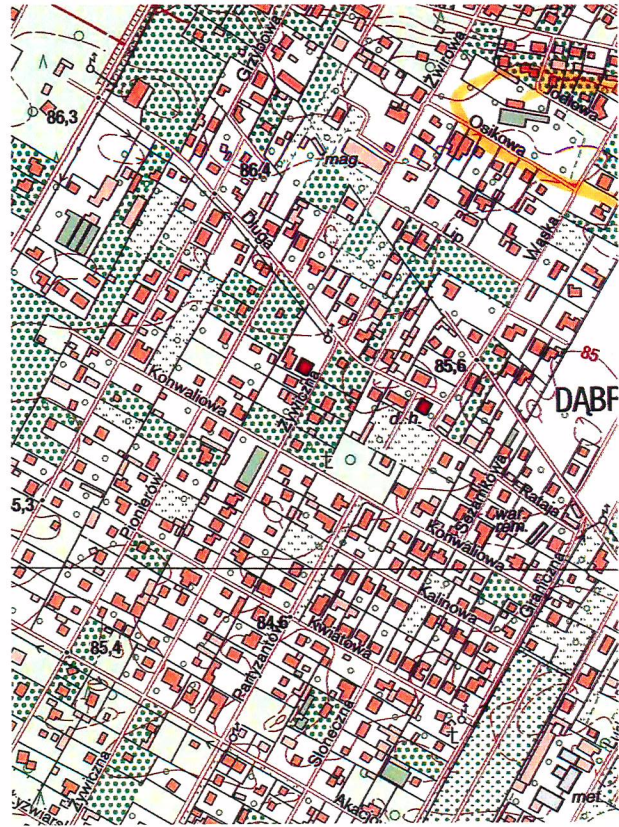
- PROJEKT INTERFEJSU – poszerzenie zasad kartografii dla map dynamicznych, typologia zmiennej i metod kartograficznych, działania sterujące umożliwiające interakcje użytkowników,
- POWIĄZANIE WIZUALIZACJI Z BAZĄ DANYCH – integracja z innymi technologiami (GIS), generalizacja (efekt „łagodnej zmiany skali”),
- ASPEKTY POZNAWCZE - prezentacja dynamicznych interpretacji zależnych od form sterowania, wpływ wizualizacji na procesy naukowe i podejmowanie decyzji,
- EFEKTYWNOŚĆ – popyt na niektóre narzędzia ułatwiające tworzenie map.

Wizualizacja według założeń specjalistów od tej dyscypliny ma się stać interfejsem intelektualnym, działającym w geoinformacji w postaci multimedialnej, hipermedialnej i wirtualnej. Warunkiem powszechnego wykorzystywania systemów „podpowiadających” rozwiązania w modelowaniu kartograficznym jest tworzenie systemu przyjaznego dla użytkownika.

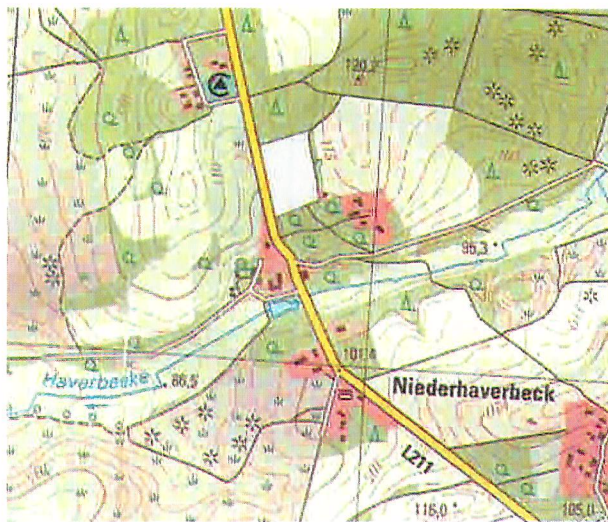
Wiele realizowanych projektów badawczych ma na celu opracowanie procedur przeprowadzenia zbiorów informacji przez etapy: wyabstrahowania od szczegółów nieistotnych ze względu na cel opracowania (uwolnienia od szumu informacyjnego), celowego doboru opartego na przyjętych kryteriach, niezbędnego skonwencjonalizowania (w zgodności z regułami semiotyki), dojścia do pojęć abstrakcyjnych uwarunkowanych uogólnieniem oraz stworzenia obrazu zgodnego z zasadami percepcji w sposób zapewniający jednoznaczność odbioru. Geoinformacja stała się więc doskonałym narzędziem do badania informacji przestrzennej.

Polska mapa topograficzna jako przykład ewolucji roli mapy w geoinformacji

Zasób map topograficznych z ostatniego pięćdziesięciolecia tworzy mozaikę opracowań analogowych, stanowiącą ilustrację burzliwego rozwoju potrzeb geoinformacyjnych oraz ślad wielu zakrętów historii przebytych przez polską kartografię. Historia



Ryc. 3. MPT10TBD.
 Fig. 3. MPT10TBD.



Ryc. 5. Fragment niemieckiej mapy topograficznej 2003 r.
Fig. 5. German topographic map: 2003.

odbiorców cyfrowych danych geograficznych.

W wariantcie 2 zakłada się całkowitą rezygnację z wydawania map 1:10 000 drukiem offsetowym. Drukowane będą poszczególne arkusze map w standardzie TBD (MTP10TBD) w druku ploterowym (ryc. 3) na zamówienie indywidualne oraz w potrzebnych ilościach do sprzedaży w ośrodku centralnym i w wojewódzkich ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej. Możliwe będzie też wydawanie mapy klientom w postaci pliku rastrowego lub wektorowego. Możliwe będzie także udostępnienie poszczególnych fragmentów informacji zwizualizowanej w sposób niezwiązany z podziałem arkuszowym. Mapa ta pozwala na zaspokojenie oczekiwań informacyjnych odbiorców przy zachowaniu najwyższej z możliwych aktualności danych i szybkości opracowania. Konwencja graficzna powinna być zbliżona do konwencji zdefiniowanej w obowiązującej instrukcji technicznej opracowania cywilnej mapy 1:10 000. Realizacja tego wariantu wymaga m.in. uściślenia opisu sposobu opracowania mapy MTP10 na podstawie bazy danych i wprowadzenia niezbędnych uzupełnień w strukturze komponentu KARTO oraz w pewnym zakresie komponentu TOPO.

Wariant 3 zakłada wprowadzenie dodatkowych modyfikacji, uzupełnień i ujednocień w wytycznych TBD (instrukcji TBD) w zakresie mapy w standardzie TBD (MTP10TBD), idących w kierunku umożliwienia wykonania diapoztywów wydawniczych i wydania w druku offsetowym (np. parametrów niektórych wypełnień rastrowych).

Mapa to pozostałaby zbliżona graficznie do mapy w standardzie TBD i możliwa byłaby do opracowania na podstawie bazy danych z niewielkim nakładem pracy redakcyjnej.

Wariant zakłada przekształcenie Wytycznych Technicznych „Baza Danych Topograficznych” i Instrukcji Technicznej „Zasady redakcji Mapy Topograficznej 1:10 000. Wzory znaków” w jednolitą instrukcję techniczną.

Wariant czwarty zakłada opracowanie nowej koncepcji mapy 1:10 000, uwzględniającej fakt istnienia Bazy Danych Topograficznych. Jest to ścieżka, która została wybrana do realizacji w wielu krajach europejskich (ryc. 4 i 5).

Na mapach topograficznych generowanych na podstawie baz danych topograficznych we wszystkich krajach nastąpiła częściowa lub całkowita zmiana sposobu prezentacji obiektów na mapach topograficznych. Jest to więc tendencja powszechna, podyktowana przede wszystkim względami ekonomicznymi i dążeniem do ułatwień w zakresie procesu aktualizacji map.

Z powyższych rozważań wynika, że pierwszym ważnym zadaniem - koniecznym do zrealizowania w pierwszej kolejności - jest doprowadzenie do przekształcenia Wytycznych Technicznych Baza Danych Topograficznych (Wytyczne Techniczne, 2003) i Instrukcji Technicznej „Zasady redakcji Mapy Topograficznej 1:10 000. Wzory znaków” (Instrukcja techniczna, 1999) w jednolitą instrukcję techniczną.

Drugim niezmiernie istotnym kierunkiem badań powinno być poszukiwanie metod opracowania pochodnych baz danych w skalach mniejszych i następnie map topograficznych w skalach mniejszych. Należy rozważyć możliwość ujednoczenia znaków i konwencji w całym szeregu skalowym map. Pierwszym etapem mogłoby być opracowanie mapy w skali 1:25 000, generowanej automatycznie z bazy TBD, i wydawanie drukiem cyfrowym w nakładzie od kilkudziesięciu do kilkuset arkuszy. Niewielkiej redakcji podlegałyby poszczególne obiekty z wyjściowej bazy danych oraz opisy. Należy jednak podkreślić wysoką jakość kartograficzną obecnie obowiązującej polskiej mapy topograficznej 1:10 000. Ewentualną decyzję dotyczącą odejścia od wydawania map w tej postaci należy podejmować z wielką rozwagą i po wnikliwej analizie innych korzyści wynikających z tej decyzji.

Analiza rozwiązań w zakresie produkcji map w wybranych państwach

Stan zaawansowania polskiej kartografii urzędowej w tworzeniu cyfrowych map topograficznych w ramach zadań kartografii urzędowej lub w tworzeniu cyfrowych map topograficznych na podstawie baz danych topograficznych w chwili obecnej nie odbiega w istotny sposób od stanu stwierdzonego w znacznej większości krajów (ryc. 6). Struktury Baz Danych Topograficznych, będących podstawą do produkcji map

Bibliografia

- Bac-Bronowicz J., Gotlib D. i in., 2003, *Opracowanie podstawowych założeń koncepcyjnych, technologicznych i ekonomicznych w zakresie wydania drukiem mapy topograficznej w skali 1:10 000 z Bazy Danych Topograficznych (TBD) na przykładzie arkusza N-34-138-B-b-1*. Opracowanie na zlecenie Głównego Geodety Kraju – 30 stron.
- Baranowski M., 1999, *Przyszłość geomatyki w badaniach geograficznych i w kartografii*, Materiały XXVII Ogóln. Konf. Kartograficznej, Warszawa.
- Berlant A. M., 2000, *Kartowanie geoinformacyjne – koncepcja i podstawy geograficzne*, Polski Przegl. Kartogr., t. 32, nr 1.
- Final Report: *An Integrated Approach for Effective Representation and Analysis of Space/Time Environmental Data*, 2000 (<http://es.epa.gov/ncer/final/grants/96/high/peuquet.html>).
- Howard D. and MacEachren A. M., 1996, *Interface design for geographic visualization: Tools for representing reliability*. Cartography and Geographic Information Systems, 23 (2).
- Instrukcja techniczna. 2003, *Zasady redakcji Mapy Topograficznej 1:10 000. Wzory znaków*. GUGiK. Warszawa.
- Krzywicka-Blum E., 2003, *Współczesna użyteczność map*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. AR Wrocław.
- Komisja ds. Wizualizacji Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej (ICA Commission on Visualization and Virtual Environments).
- <http://www.geovista.psu.edu/sites/icavis/agenda/>).
- Makowski A., 2001, *Trójdzielna jedność mapy na tle idei systemu informacji przestrzennej*, Polski Przegl. Kartogr., t. 33, nr 1.
- MacEachen A. M., 1998, *Cartography, GIS and the World Wide Web*. Progress in Human Geography, 22 (4).
- MacEachen A. M., Kraak J. M., 2001, *Research Challenges in Geovisualisation*. CaGIS, vol. 28, no. 1.
- MacEachen A. M., Wachowicz M., Edsall R., Haug D., 1999, *Constructing knowledge from multivariate spatiotemporal data: integrating geographic visualization with knowledge discovery in database methods*, International Journal of Geographic Information Science, 13 (4).
- Wytyczne Techniczne Baza Danych Topograficznych. 1999. GUGiK. Warszawa
- Zarycki T., 2001, *Zależność mapy od kontekstu*, Polski Przegl. Kartogr., t. 33, nr 1.

ALEKSANDER CIANCIARA, BOGDAN CIANCIARA¹

ZAGADNIENIA IDENTYFIKACJI PROCESÓW GEODYNAMICZNYCH WYWOŁANYCH EKSPLOATACJĄ GÓRNICZĄ

Słowa kluczowe:

proces, pękanie górotworu, stan naprężeń, dylatacja, kompaktacja, identyfikacja, wstrząsy, emisja sejsmiczna, tąpnięcia, zagrożenia górnicze

Abstrakt

W pracy przedstawiono problematykę związaną z identyfikacją procesów opisujących rozwój pęknięcia skał oraz tłumienie drgań sprężystych. Bieg tych procesów w kopalniach podziemnych wywołany jest zmianami naprężeń związanych z prowadzoną eksploatacją górniczą. Zarówno zmiany naprężeń, jak i przebiegi pęknięcia są procesami niepodlegającymi bezpośrednim obserwacjom. Można jednak prowadzić wnioskowanie o ich przebiegu w formie pośredniej, na podstawie rejestrowanej emisji sejsmicznej. Omawiane procesy mają strukturę stochastyczną, dlatego ich badanie oparte jest na wnioskowaniu statystycznym. Identyfikacja procesów pęknięcia prowadzona jest na podstawie analizy parametrów opisujących źródła emisji sejsmicznej, czyli rozmiarów zjawisk oraz odstępów czasu między zjawiskami. Natomiast identyfikacja stopnia tłumienia drgań sprężystych prowadzona jest na podstawie pełnych przebiegów rejestrowanych sygnałów emisji sejsmicznej. Analiza prowadzona jest głównie pod kątem wykorzystania uzyskanych wyników w rozwiązywaniu zagadnień związanych z prognozą wstrząsów oraz predykcją zagrożenia górniczego tąpnięciami.

THE ISSUE OF GEODYNAMICS PROCESSES IDENTIFICATION CAUSED BY MINE EXPLOITATION

Key words:

process, rock mass cracking, state of stress, dilatancy, compaction, identification, seismic emission, crumps, mining hazard

Abstract

The paper focuses on issues relating to the identification of processes describing elastic vibration damping and the development of rock cracking. The course of these processes in underground mines is caused by the changes in stresses connected with mining. Both the changes of stresses and the courses of cracking are processes which

¹Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków

charakterze. Wzrostowi stanu naprężeń towarzyszą zjawiska kompaktacji oraz dylatacji. Zjawiska te są dobrze znanymi pojęciami z zakresu geomechaniki. Kompaktacja powoduje zaciskanie szczelin (twardnienie górotworu), natomiast dylatacja określa przyrost objętości skał (Goszcz 1999; Nur 1975). W sumie zmiany naprężeń powodują zmiany parametrów fizycznych ośrodka i wpływają, między innymi, na stopień tłumienia drgań sprężystych. W fazie kompaktacji ma miejsce spadek tłumienia, natomiast w fazie dylatacji następuje jego wzrost. Wartości tłumienia mogą być estymowane na drodze analizy sygnałów emisji sejsmicznej. Wynika stąd, że na podstawie współczynnika opisującego tłumienie drgań możliwa jest ocena stanu górotworu, między innymi, w okresach przed momentami wystąpienia wstrząsów. W efekcie istnieją możliwości wykorzystania tego współczynnika w problematyce związanej z oceną stanu zagrożenia tąpnięciami.

2. Identyfikacja procesów pęknięcia

Na skutek osiadania warstw stropowych, wywołanego eksploatacją górnictwem, wytwarza się w ośrodku skalnym zmienne w czasie i przestrzeni pole naprężeń, które (jak już wspomniano we wstępie) powoduje pęknięcie górotworu. Należy stwierdzić, że w czasie przed momentem wystąpienia wstrząsu muszą wystąpić wzrosty stanu naprężeń, które mogą zainicjować pęknięcie górotworu. Na ogół pęknięcia są powiązane ze sobą i układają się w ciągi zwane procesami pęknięcia. W określonych warunkach procesy te, rozwijając się, mogą prowadzić do wstrząsu (Marczak 1995). Zatem należy postawić bardzo istotne pytanie, w jakim stopniu jest możliwa identyfikacja przebiegu tych procesów? Dalej zostanie pokazane, że jest możliwe śledzenie tendencji do rozwoju rozmiarów zjawisk oraz stopnia niejednorodności omawianych procesów.

Pęknięcie górotworu ma na ogół bardzo skomplikowany przebieg, dlatego panuje powszechna zgodność, aby jego opis był prowadzony w kategoriach probabilistycznych. Procesy pęknięcia mogą być scharakteryzowane za pomocą ciągów opisujących czasy wystąpienia poszczególnych pęknięć $\{t_k\}$ oraz ich rozmiary $\{d_k\}$. Kolejne wyrazy tych ciągów są wielkościami

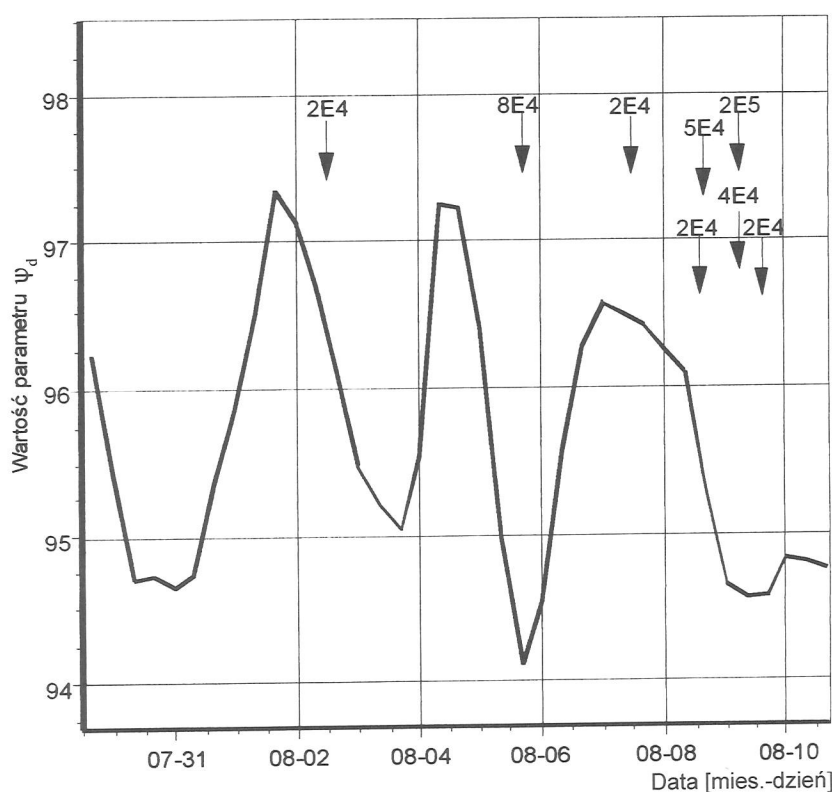
przypadkowymi i stanowią realizację dwóch zmiennych losowych: T oraz D . Zgodnie z tym istnieją uzasadnione podstawy, aby do opisu pęknięcia wprowadzić pojęcie przestrzeni probabilistycznej Π . Przestrzeń tę można zapisać w postaci (Ω, S, P) , gdzie: Ω jest tzw. przestrzenią elementarną, w której precyzuje się pojęcie zdarzeń (pęknięć), S jest zbiorem zdarzeń opisywanych za pomocą zmiennych losowych T lub D , natomiast P jest miarą określoną na zbiorze S , czyli prawdopodobieństwem wystąpienia zdarzeń. Wiadomo, że przestrzeń ta, tak jak i sam proces pęknięcia, jest poza bezpośrednim zasięgiem obserwacji. Jednak pęknięcia górotworu wytwarzają drgania sprężyste, które podlegają obserwacji i mogą być rejestrowane w formie tzw. emisji sejsmicznej. Stąd emisja sejsmiczna jako zjawisko przyczynowe będące skutkiem procesów pęknięcia posiada również strukturę losową. Poszczególne zjawiska sejsmiczne tworzące emisję utożsamiane są z pęknięciami górotworu. Dlatego emisja sejsmiczna uważana jest za jeden z podstawowych nośników informacji o procesach geodynamicznych przebiegających w górotworze (Cianciara 1999). Daje to możliwość identyfikacji procesu pęknięcia (w sensie omawianym wyżej) na zasadzie rozwiązywania zagadnienia odwrotnego. Wieloznaczność związana z rozwiązywaniem zagadnień odwrotnych oraz losowa struktura omawianych procesów powodują, że identyfikację charakteryzuje określony poziom niepewności.

Ponieważ procesy pęknięcia posiadają strukturę dyskretną, dlatego wywołaną nimi emisję można opisywać modelem w formie punktowego strumienia zdarzeń (Kowalenko i in. 1989). Strumień ten opisują dwie podstawowe cechy reprezentujące: czasy wystąpienia zjawisk sejsmicznych $\{t_k\}$ i ich rozmiary $\{d_k\}$. Czasy t_k wyznaczane są na podstawie momentów pierwszych wstąpień sygnałów opisujących zjawiska, natomiast rozmiary d_k definiuje się w formie energii lub tzw. „rozmiarów spektralnych” zjawisk (Cianciara 2000). Cechy te, które oznaczono odpowiednio T oraz D , są zmiennymi losowymi. Można wówczas określić przestrzeń sejsmiczną Λ , stowarzyszoną z przestrzenią Π , będącą przestrzenią probabilistyczną (Ω, Σ, F) , przy czym: $\Sigma \supset S$ jest zbiorem zdarzeń, natomiast F stanowi miarę określoną na zbiorze zdarzeń Σ . Miarę tę opisują

ruchu w górotworze, którym towarzyszą spadki aktywności procesu pękania. Natomiast bardzo często po wstrząsach mają miejsce wzrosty aktywności (aktywność indukowana wstrząsem) i zmniejszanie się rozmiarów zjawisk. Obserwuje się również inne przypadki, np. zsuwanie się bloków skalnych po płaszczyznach poślizgu (Goszcz 1999), również i wówczas uwiadcza się wzrost niejednorodności procesu pękania. Występują jeszcze inne zjawiska, które towarzyszą zmianom stanu naprężeń. Rozważania na ich temat będą przedstawione w następnym rozdziale.

Wynika stąd, że własności procesów pękania mogą być oceniane za pomocą omawianych wyżej parametrów opisujących emisję sejsmiczną. Ze względu na stosunkowo wysoki stopień losowości procesów

pękania, teoretycznie jest możliwa jedynie (tak sądzimy) identyfikacja tendencji do ich rozwoju. W przypadku rozmiarów zjawisk identyfikację taką można prowadzić zarówno na podstawie parametru \hat{a}_d (2.2), jak również współczynnika skali $\hat{\psi}_d$ (2.3). Należy nadmienić, że parametr α_d , w przypadku jednorodnym (czyli gdy $\gamma_d = 1$), jest znanym z sejsmologii współczynnikiem Gutenberga-Richtera (Lasocki 1990). Na rysunku (2.1) przedstawiono przykładowy wykres przebiegu w czasie współczynnika skali $\hat{\psi}_d$, estymowanego na podstawie strumienia emisji rejestrowanej w KWK „Bielszowice” w okresie od 29. 07. 2003 do 11. 08. 2003. Czujnik rejestrujący emisję był zamocowany w skałach stropowych wyrobiska. Na rysunku tym widzimy charakterystyczne wzrosty krzywej



Ryc. 2.1. Przykładowy wykres przebiegu współczynnika opisującego skalę zjawisk procesu pękania ψ_d , estymowanego na podstawie emisji sejsmicznej rejestrowanej w KWK „Bielszowice” w okresie od 29. 07. 2003 do 11. 08. 2003.

Na rysunku zaznaczono momenty wystąpienia wstrząsów i ich energie.

Fig. 2.1. Sample graph of the coefficient describing the scale of changes of cracking process ψ_d , estimated basing on the seismic emission registered in Bielszowice Hard Coal Mine within the period from 29 July 2003 to 11 August 2003.

Moments of tremors occurrence as well as their energies are marked on the graph.

3. Identyfikacja procesu opisującego tłumienie drgań sprężystych

Dotychczasowe rozważania poświęcone były zagadnieniu śledzenia rozwoju procesów pękania górotworu. Wiadomo, że w miarę wzrostu naprężeń w ośrodku spękanym zachodzą również inne zjawiska, które mogą okazać się użyteczne w rozwiązywaniu zagadnień omawianej identyfikacji. Do zjawisk takich należy zaliczyć: kompakcję oraz dylatację. Zjawiska te powodują zmiany parametrów fizycznych ośrodka skalnego i mają istotny wpływ na jakość propagacji drgań sprężystych. W fazie kompaktacji ma miejsce szereg zjawisk, które powodują zaciskanie szczelin (twardnienie górotworu), a tym samym zmniejszenie się tłumienia drgań. Natomiast dylatacja jest powszechnie znanym zjawiskiem obserwowanym w przebiegach niszczenia skał kruchych (Patton 1966; Nur 1975; Kwaśniewski 1986; Goszcz 1999). Nie podlega ona bezpośrednim obserwacjom (poza warunkami laboratoryjnymi), a hipotetycznie rozważana jako zjawisko masowe charakteryzuje się przyrostem objętości skał w miarę wzrostu naprężeń. Istnieją uzasadnione podstawy, aby sądzić, że dylatacja również powoduje zmiany własności fizycznych ośrodka skalnego. Dlatego do jej badania można zastosować odpowiednie metody geofizyczne, np. metodę grawimetryczną (Fajkiewicz 1988) czy też sejsmiczną. Dylatacja powoduje, między innymi, zwiększanie własności tłumiących ośrodka, a co za tym idzie pogarszanie jakości propagacji drgań sprężystych. Wynika stąd, że głównie zmiany naprężeń mają istotny wpływ na zmiany parametrów fizycznych ośrodka, a w szczególności na stopień tłumienia drgań sprężystych. W związku z tym należy postawić zasadnicze pytanie, na które będziemy starali się w tej pracy odpowiedzieć, czy jest możliwa identyfikacja przebiegu procesu opisującego tłumienie drgań sprężystych? Uważamy, że jest możliwe ciągłe śledzenie (monitorowanie) rozwoju jego zmian na podstawie analizy naturalnej emisji sejsmicznej górotworu. Odnosi się to do pewnego otoczenia miejsca rejestracji emisji sejsmicznej. Teoretycznie jest również możliwe wnioskowanie o przebiegu zmian naprężeń, przyjmując odpowiednie zależności wiążące

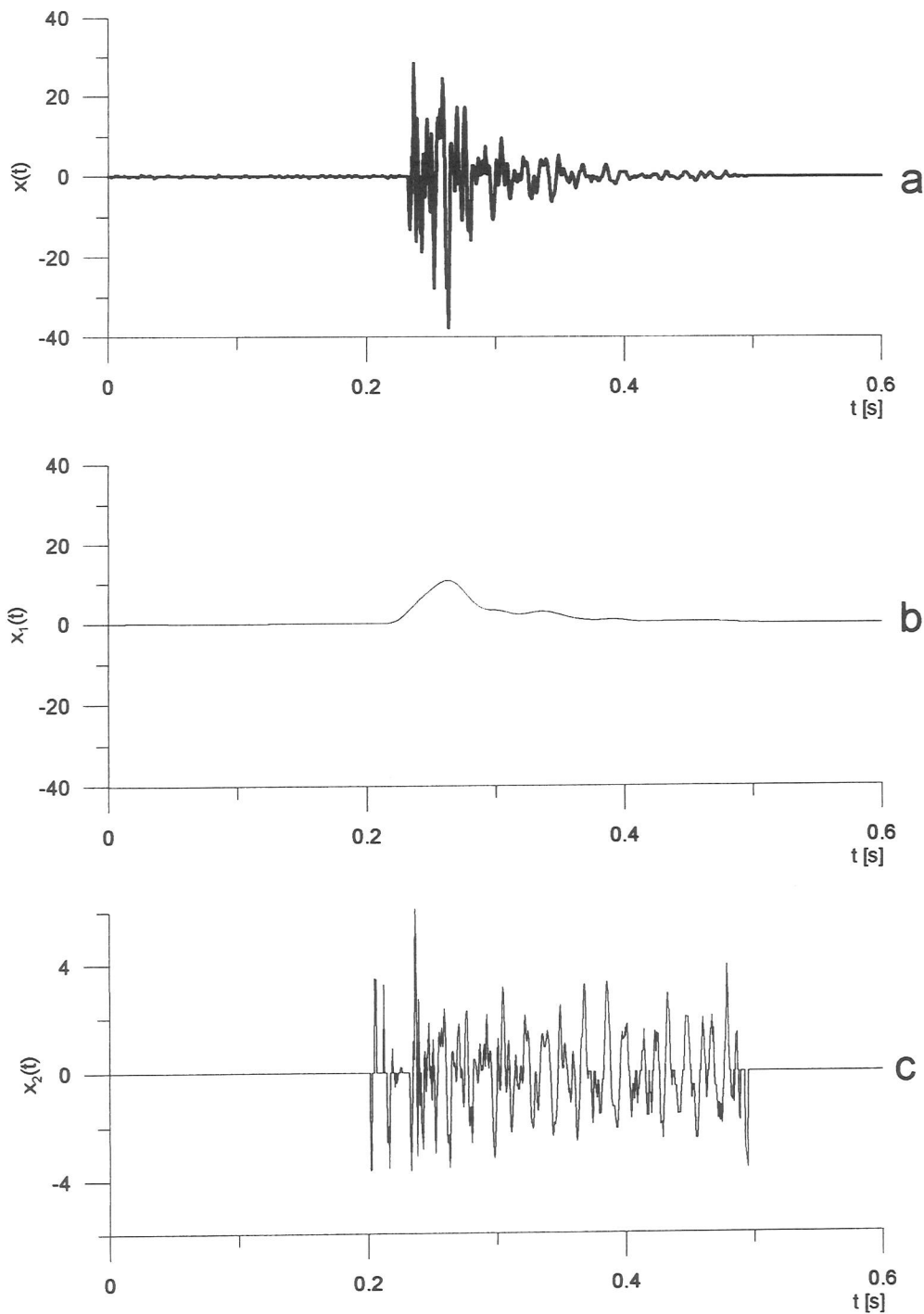
je z przebiegami tłumienia. Należy podkreślić, że zależności takie mają charakter statystyczny i w ogólnym przypadku nie muszą być liniowe. Na obecnym etapie wnioskowanie takie może mieć jedynie charakter jakościowy. Należy nadmienić, że rejestrowane sygnały emisji sejsmicznej zawierają znaczny poziom szumu oraz zakłóceń. Dlatego konieczne jest stosowanie metod, które umożliwiają prowadzenie omawianej identyfikacji w warunkach losowych. Wymagana jest wówczas znajomość: modeli opisujących badane procesy oraz właściwych kryteriów estymacji parametrów (Eykhoff 1980).

3.1. Modele opisujące sygnały sejsmiczne

Sygnały sejsmiczne, które są przedmiotem rozważań, powstają na skutek pękania górotworu i stanowią główny składnik emisji sejsmicznej. Emisja sejsmiczna zawiera również sygnały pochodzące od innych przyczyn, które są zakłóceniami. Część zakłóceń można eliminować już w trakcie rejestracji, modyfikując odpowiednio układ pomiarowy. Pozostałe zakłócenia są częściowo eliminowane na drodze przetwarzania. Należy z pokorą stwierdzić, że nie da się w sposób idealny wyeliminować wszystkich zakłóceń. Te, które pozostają, powodują powiększanie stopnia losowości estymowanych ocen i w związku z tym jest konieczne stosowanie dodatkowo odpowiedniej obróbki statystycznej. Stanowi to pewną trudność, ponieważ w tej sytuacji konieczny jest wysoki stopień redundancji informacji, a tym samym wymagana jest odpowiednia liczebność danych pomiarowych, czyli wysoka aktywność zjawisk emisji. Materiał pomiarowy spełniający te warunki jest w niektórych przypadkach trudny do uzyskania.

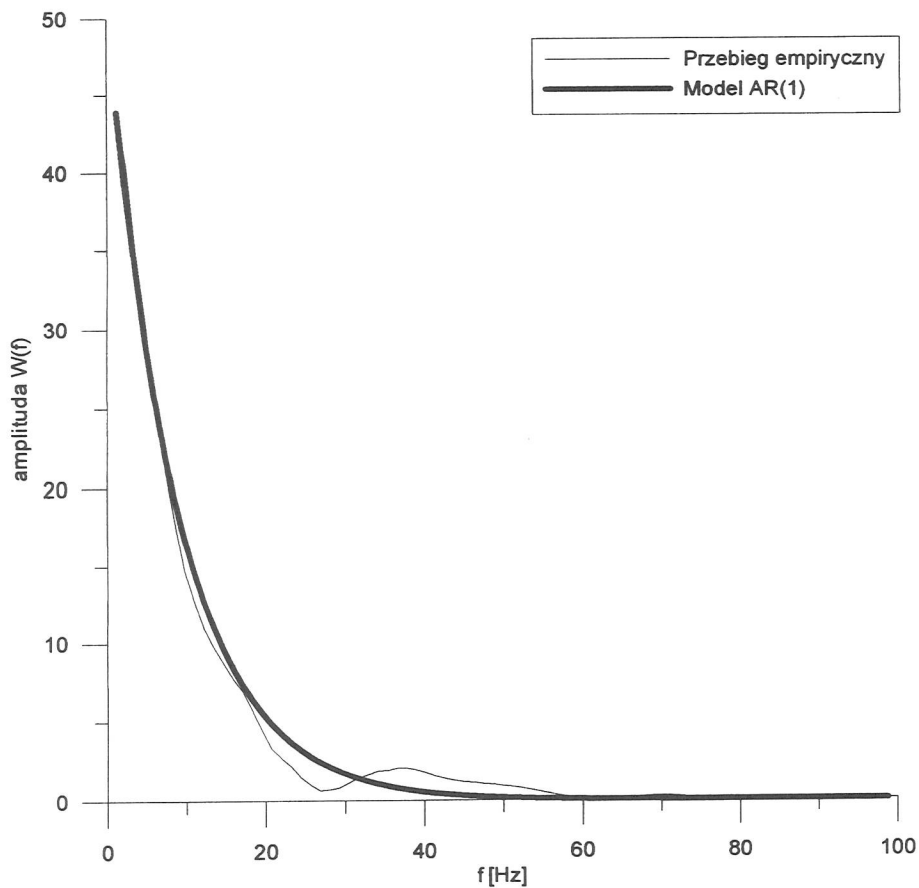
3.1.1. Opis sygnałów w dziedzinie czasu

W rozdziale tym zaproponowano nowy, oryginalny sposób analizy emisji sejsmicznej. Zastosowano koncepcję rozdziału sygnału $x(t)$ na dwa liniowo niezależne składniki: $x_1(t)$ oraz $x_2(t)$, zawierające informacje różnego typu. Rejestrowane sygnały mają formę rzeczywistą $x(t)$, jednak na potrzeby analizy konieczne jest



Ryc. 3.1. Ilustracja rozkładu przykładowego sygnału emisji sejsmicznej na składowe. Na rysunku przedstawiono wykresy następujących przebiegów: zarejestrowanego sygnału $x(t)$ (a), składowej wolno zmiennej $x_1(t)$ (b) oraz składowej oscylacyjnej $x_2(t)$ (c).

Fig. 3.1. Illustration of the resolution of a sample signal of seismic emission into components. The figure shows graphs of the following: registered signal $x(t)$ (a), free variable component $x_1(t)$ (b) and oscillatory component $x_2(t)$ (c).



Ryc. 3.2. Przykładowy przebieg ilustrujący zdolność aproksymacyjną modelu AR(1) widma amplitudowego $W(f)$ reprezentującego składową wolno zmienną $x_1(t)$.

Fig. 3.2. Sample graph showing approximation ability of AR(1) model of amplitude spectrum $W(f)$ representing free variable $x_1(t)$.

prezentuje przebieg zmienności parametru opisującego tłumienie drgań. Jak wynika z obliczeń, szereg czasowy $\{\hat{\sigma}_t\}$ zawiera znaczny poziom czynnika losowego. Aby znaleźć jego wartość oczekiwaną, przyjęto, że w pierwszym przybliżeniu można go opisać modelem addytywnym:

$$\hat{\sigma}_t = s_t + \eta_t \quad (3.19)$$

gdzie: s_t - wartość oczekiwana szeregu czasowego, η_t - wartości losowe.

Ponieważ, w ogólnym przypadku, szereg czasowy $\{\hat{\sigma}_t\}$ stanowi proces niestacjonarny, dlatego do wyznaczenia jego wartości oczekiwanej $s_t = E(\hat{\sigma}_t)$ należy stosować filtrację Kalmana (Papoulis 1972). Uzyskane na tej drodze wartości s_t należy traktować jako przebiegi zmienności w czasie uśrednionej wielkości tłumienia

drgań przez ośrodek skalny, w pewnym obszarze otaczającym miejsce ich rejestracji. W ośrodkach kruchych na podstawie wartości uśrednionego tłumienia s , można prowadzić identyfikację fazy kompaktacji oraz dylatacji. Fazy kompaktacji charakteryzują się spadkami tłumienia, natomiast w okresach dylatacji mają miejsce wzrosty tłumienia. W okresach przed wystąpieniem wstrząsów wzrasta naprężenie, pociąga to za sobą konieczność wystąpienia fazy kompaktacji, a następnie fazy dylatacji.

Dalej, ze względu na przejrzystość wizualizacji, uśrednioną wartość parametru tłumienia s , zastąpiono jego odwrotnością $d_t = 1/s_t$, czyli dobrocią propagacji drgań. Na rysunku (3.3) przedstawiono przykładowy

mają miejsce w okresach poprzedzających momenty wystąpienia wstrząsów. Rozważa się dwa typy procesów, a mianowicie: procesy pęknięcia oraz procesy opisujące stopień tłumienia drgań sprężystych. Procesy te nie podlegają bezpośrednim obserwacjom, dlatego ich identyfikacja prowadzona jest sposobem pośrednim na podstawie analizy naturalnej emisji sejsmicznej górotworu. Dlatego idea identyfikacji oparta jest na hipotetycznych założeniach o zależnościach łączących omawiane procesy z parametrami opisującymi emisję sejsmiczną. Omawiane procesy podlegają dodatkowo działaniu czynników przypadkowych, co powoduje, że charakteryzują się one stosunkowo wysokim poziomem losowości. W efekcie problem identyfikacji jest zagadnieniem bardzo trudnym. Należy podkreślić, że w sensie monitorowania (czyli ciągłego śledzenia w czasie) zagadnienie to nie zostało na świecie do tej pory rozwiązane. Jednak, przedstawione w tym artykule, pozytywne wyniki pozwalają na pewien optymizm. Należy podkreślić, że uzyskanie pozytywnych wyników identyfikacji omawianych procesów może mieć istotne znaczenie w rozwiązywaniu wielu trudnych zagadnień dotyczących opisu stanu górotworu. Między innymi może być wykorzystane w problematyce przewidywania wstrząsów oraz oceny stanu zagrożenia tąpnięciami.

Procesy pęknięcia charakteryzują się wysokim poziomem losowości, dlatego koncepcję ich identyfikacji oparto na analizie rozkładów statystycznych odstępów czasu między kolejnymi pęknięciami lub rozmiarów pęknięć. Rozkłady te wyznaczone są na podstawie emisji sejsmicznej. Rozmiary pęknięć oceniane są za pomocą rozmiarów zjawisk sejsmicznych, np. energii, natomiast czasy wystąpienia pęknięć utożsamiane są z czasami pojawiania się zjawisk sejsmicznych. Należy podkreślić, że rozmiary pęknięć są określone za pomocą rozmiarów (energii) zjawisk sejsmicznych, które są dobrze definiowalne jako wielkości obserwowane. Identyfikacja przebiegu procesu pęknięcia prowadzona jest w oparciu o parametry opisujące: stopień niejednorodności emisji lub tzw. skalę zjawisk sejsmicznych. Parametry te oceniane są na podstawie rozkładów statystycznych zjawisk sejsmicznych. Zachodzi korelacja pomiędzy przebiegiem w cza-

sie tych parametrów a zmianami naprężeń. Zostało to zilustrowane na rysunkach (2.1) oraz (2.2), gdzie w okresach przed wystąpieniem wstrząsów mają miejsce wzrosty wartości tych parametrów. Wiadomo, że w okresach przed momentami wystąpienia wstrząsów muszą również mieć miejsce wzrosty naprężeń.

W problematyce opisu tłumienia drgań sprężystych zastosowano specjalne sposoby ekstrakcji informacji zawartej w rejestrowanych sygnałach emisji sejsmicznej. Przedstawiono sposób oceny parametru, który reprezentuje uśrednioną wartość tłumienia w pewnym obszarze ośrodka skalnego, otaczającym miejsce rejestracji emisji. Parametr ten, estymowany dla kolejnych momentów, daje możliwość uzyskania przebiegu zmienności tłumienia w czasie. Na podstawie tego przebiegu jest możliwa ocena stanu górotworu w okresach poprzedzających momenty wystąpienia wstrząsów. Teza ta została wstępnie zweryfikowana na danych pomiarowych zarejestrowanych w KWK „JAS-MOS”, a wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku (3.3). Na rysunku tym, dla wygody, zobrazowano przebieg odwrotności omawianego wyżej uśrednionego tłumienia. Analizując ten przebieg, widzimy, że w okresach przed momentami wystąpienia wstrząsów ma miejsce spadek tłumienia, a następnie jego wzrost. Można to tłumaczyć tym, że na skutek wzrostów naprężeń, które mają miejsce przed wstrząsem, w ośrodku skalnym zachodzi zjawisko kompaktacji, a następnie dylatacji. W fazie kompaktacji następuje spadek tłumienia, natomiast w fazie dylatacji jego wzrost. Prowadzone dalsze badania umożliwią pełniejszą weryfikację przedstawionych tutaj tez, a uzyskane wyniki będą przedmiotem następnych publikacji.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.140.144.

Žukov S. N., 1977, *O prognozowaniu rozruszenia gornych porod.* Fizyka Ziemi, nr 6, s. 11-18.

Summary

Exploitation of underground coal deposits causes disturbances in geomechanical equilibrium of rock mass. As a result, stresses in rock mass increase. The increase in stresses results in rock mass cracking and in changes in physical parameters of rock environment, especially in the damping degree of elastic vibrations. The present paper discusses issues about the identification of processes describing the courses of rock mass cracking and about changes in elastic vibrations damping. These processes are not subject to direct observation, therefore inferences about their course can be drawn indirectly basing on the analysis of natural seismic emission of the rock mass. The identification is based on hypothetical assumptions about interrelations between the processes in question and parameters describing seismic emission. It follows that identification is a complex and complicated problem, which is additionally made more difficult by the occurrence of random factors connected with the registration of seismic emission. It should be emphasised that positive results of the identification of the processes under consideration may be of major importance in solving many difficult problems related to the description of rock mass conditions. Among other things, they may help to foresee tremors, or to evaluate the degree of creep hazard, etc.

Cracking is characterised by a high level of randomness, therefore the method of inferring their courses is based on the analysis of statistic distributions, i.e. on intervals between consecutive cracking and on the dimensions of cracking. Statistic distributions are determined basing on the registered seismic emission, and the dimensions of cracking are evaluated basing on the extent of seismic phenomena, e.g. energy, whereas time of cracking occurrences is identified with the time of the occurrences of seismic phenomena. It should be emphasised that the dimensions of cracking are determined by the extent (energy) of seismic phenomena, which are well defined as observable quantities. The identification of the course of cracking is carried out basing on descriptive parameters: the degree of emission heterogeneity and the so-called scale of seismic phenomena. These parameters are evaluated on the basis of statistic distributions of seismic emission. There is a corre-

KATARZYNA FAGIEWICZ, LIDIA PONIŻY¹

WYKORZYSTANIE NUMERYCZNEJ MAPY SOZOLOGICZNEJ (1:50 000) W ILOŚCIOWYCH BADANIACH STANU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Słowa kluczowe:

numeryczna mapa sozologiczna, miara syntetyczna, jakość środowiska

Abstrakt

We współczesnych badaniach środowiska przyrodniczego dużą rolę odgrywają Systemy Informacji Geograficznej (GIS), których rozwój przyczynił się do tworzenia numerycznych baz danych map tematycznych. Pozwoliło to na zasilenie Krajowego Systemu Informacji o Terenie numeryczną mapą sozologiczną w skali 1:50 000, zawierającą bogaty zasób informacji o stanie środowiska przyrodniczego i realizującą podstawowe funkcje GIS. Mapę wykorzystano do opracowania grupy wskaźników i miar syntetycznych, pozwalających na ilościową ocenę stanu środowiska przyrodniczego na badanym obszarze.

THE USE OF A DIGITAL SOZOLOGICAL MAP AT A SCALE OF 1:50 000 IN THE QUANTITATIVE RESEARCH ON THE STATE OF THE NATURAL ENVIRONMENT

Key words:

digital sozological map, synthetic measure, state of the environment

Abstract

A methodological proposal is put forward for the solution of problems involved in synthetic environmental studies which are based on a system of indicators and on synthetic measures of the state of the environment derived from them. The source material employed is a digital sozological map at a scale of 1 : 50,000 providing a wealth of information about the state of the natural environment and fulfilling basic GIS functions.

¹ Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Kształtowania Środowiska Przyrodniczego i Fotointerpretacji

METODYKA

Pojawienie się bogatego zbioru danych o środowisku przyrodniczym w postaci numerycznej mapy sozologicznej zainicjowało próbę opracowania na jej podstawie metodyki oceny stanu środowiska przyrodniczego. Wobec braku metody pozwalającej w sposób ilościowy i kompleksowy ocenić stan środowiska przyrodniczego postanowiono zaadaptować do tego celu miarę syntetyczną, która znalazła już swoje zastosowanie w badaniach naukowych z wielu dziedzin. Zastosowanie miary syntetycznej znajduje swoje uzasadnienie w badaniach tych zjawisk, które można poprawnie opisać tylko za pomocą pewnego ciągu lub zbioru cech. Celowe wydaje się więc wykorzystanie miary syntetycznej do oceny środowiska przyrodniczego, którego stan jest wypadkową wielu zmiennych i którego nie da się opisać za pomocą tylko jednej miary. Miary syntetyczne mają tę zaletę, iż z powodzeniem można je wykorzystywać do kwantyfikacji zjawisk agregatowych (wielowymiarowych, wielocechowych), dając możliwości analiz porównawczych i prognostycznych (D. Strahl 1978).

W związku z tym, że kartograficzne ujęcie wielu zjawisk interesujących nauki geograficzne, szczególnie dotyczących określenia ich wielkości (natężenia) i lokalizacji, wymaga oparcia się na jednostkach przestrzennych, pierwszym etapem procedury badawczej jest ustalenie i określenie typu powierzchni stanowiącej podstawę dalszej analizy i oceny. Wybór pola podstawowego oceny podyktowany jest jedynie przyjętym celem oceny, bowiem z wykorzystaniem GIS weryfikacja i transformacja bazy danych z ujęcia arkuszowego na układ obiektowy nawiązujący do przyjętych jednostek (zlewni, jednostek fizyczno-geograficznych, jednostek podziału administracyjnego, figur geometrycznych) nie stanowi obecnie bariery w postępowaniu badawczym.

Kolejnym etapem było rozbudowanie bazy danych w wyniku pomiarów kartometrycznych przeprowadzonych z wykorzystaniem narzędzia w postaci języka zapytań SQL, który umożliwił wybór obiektów spełniających zadane kryteria. W efekcie bazę danych

uzupełniono, określając ilościowo atrybuty obiektów powierzchniowych, liniowych (długość dróg, linii kolejowych, długość cieków prowadzących wody I, II, III klasy czystości, wody pozaklasowe itd.), punktowych (liczba składowisk odpadów, surowców, paliw itd.), obliczono również statystyki ilościowe dotyczące wielkości emisji gazów i pyłów, wielkości zrzutów ścieków.

W rezultacie uporządkowano bazę danych przestrzennych, ujmując je w formie macierzy, zwanej także geograficzną macierzą informacji. W macierzy tej ($i \times j$) dla każdej jednostki przestrzennej przeznaczony jest jeden wiersz, a dla każdej cechy diagnostycznej jedna kolumna. Na podstawie uzyskanej bazy danych opracowano cząstkowe wskaźniki kartograficzno – statystyczne, które następnie podzielono w zależności od kierunku wpływu na stan środowiska przyrodniczego, i tak jedną grupę stanowiły stymulanty, czyli cechy stanowiące potencjał (walory) środowiska przyrodniczego, przyczyniające się do poprawy jego jakości, drugą grupę stanowiły destymulanty, wpływające negatywnie na jego stan (zanieczyszczenia i zagrożenia), które pogrupowano na zasadzie ich negatywnego oddziaływania na konkretny komponent środowiska przyrodniczego (atmo-, lito-, pedo-, fito-, bądź hydrosferę). Istnieją również elementy, które mają niewątpliwie degradacyjny wpływ na środowisko przyrodnicze, a nie zostały zaliczone do jednej z powyższych grup. Powodem były trudności związane z ustaleniem ich negatywnego oddziaływania na dany komponent, zorganizowano je wobec tego w osobną grupę wskaźników, przedstawiających obciążenie przestrzeni infrastrukturą techniczną. Analogicznie uporządkowano zbiór stymulant.

Zestawienie wskaźników diagnostycznych, stanowiących podstawę konstrukcji miary syntetycznej stanu środowiska, przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Ze względu na fakt, że wszystkie wskaźniki przyjmują wartości bezwzględne, różnią się kilkoma rzędami wielkości i posiadają różne miana, należało doprowadzić je do postaci porównywalnej. Uzyskanie tego warunku zostało spełnione poprzez normalizację wskaźników cząstkowych.

Tabela 2. Zestawienie wskaźników wartości potencjału.
Table 2. List of measures of potential value.

WSKAŹNIKI DIAGNOSTYCZNE	JEDN.	WARTOŚĆ WZORCOWA
FITOSFERA		
lesistość	%	max. wartość
udział łąk i pastwisk	%	max. wartość
udział zieleni urządzonej	%	max. wartość
PEDOSFERA		
udział gruntów ornyczych chronionych	%	max. wartość
HYDROSFERA		
gęstość sieci rzecznej	km/km ²	max. wartość
jeziorność	%	max. wartość
udział cieków prowadzących wody o I klasie czystości	%	100%
udział cieków prowadzących wody o II klasie czystości	%	100%
udział zbiorników wodnych o I klasie czystości wód	%	100%
udział zbiorników wodnych o II klasie czystości wód	%	100%
OBSZARY CHRONIONE		
udział parków krajobrazowych	%	max. wartość
udział otulin parków krajobrazowych	%	max. wartość
udział obszarów chronionego krajobrazu	%	max. wartość
udział rezerwatów przyrody	%	max. wartość
liczba pomników przyrody przypadających na jednostkę powierzchni odniesienia	%	max. wartość
udział stref ochronnych ujęć wód powierzchniowych	%	max. wartość
udział stref ochronnych ujęć wód podziemnych	%	max. wartość

Metoda zastosowana do normowania wskaźników diagnostycznych, zwana unitaryzacją (T. Borys 1978), wyrażona jest wzorami:

dla stymulant

$$u_s = \frac{x_i^{(j)} - x_{\min}^{(j)}}{x_{wz}^{(j)} - x_{\min}^{(j)}}$$

dla destymulant:

$$u_{ds} = \frac{x_i^{(j)} - x_{\max}^{(j)}}{x_{wz}^{(j)} - x_{\max}^{(j)}}$$

$x_i^{(j)}$ – wartość bezwzględna i-tej cechy w zbiorze j - elementowym,

$x_{\min}^{(j)}$, $x_{\max}^{(j)}$ – bezwzględne wartości minimalne i maksymalne w j -elementowym zbiorze danej cechy,

$x_{wz}^{(j)}$ - wartość wzorcowa dla danej cechy.

Koncepcja tej metody opiera się na określeniu wzorca - obiektu referencyjnego służącego do określenia miejsca w „porządku” pozostałych obiektów zbioru (D. Strahl 1978). Wartościami wzorcowymi dla cech diagnostycznych mogą być prawnie ustalone normy (np.: zawartości substancji toksycznych czy pierwiastków metali ciężkich w powietrzu, glebie, wodzie itp.), czyli takie graniczne wartości, których przekroczenie bądź obniżenie będzie miało negatywny wpływ na stan środowiska przyrodniczego, a co za tym idzie na człowieka jako podmiot środowiska. Dla większości cech analizowanych w niniejszym opracowaniu takie normy nie zostały określone z powodu braku empirycznych ustaleń wartości granicznych, bądź ustalanie ich jest nieuzasadnione z logicznego punktu widzenia

co umożliwi określenie elementu najbardziej zagrożonego i zanieczyszczonego czy też decydującego o potencjale badanej jednostki,

- ranking badanych jednostek w oparciu o kryterium jakości środowiska oraz ich wymierne porównywanie.

PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ PREZENTOWANEJ METODY BADAWCZEJ

Przestrzenna diagnoza stanu środowiska przyrodniczego wybranych obszarów województwa śląskiego.

W celu sprawdzenia skuteczności, rzetelności oraz przydatności prezentowanej metody w syntetycznych badaniach stanu środowiska podjęto próbę opracowania przestrzennej diagnozy obszaru zróżnicowanego ze względu na warunki przyrodnicze, rozwój społeczno-gospodarczy i stopień nasilenia antropopresji. Najlepiej wymienione kryteria spełniał obszar obejmujący swym zasięgiem GOP, przechodzący na przestrzeni 80 km w pas Pogórza Beskidzkiego i Beskidów. W jego obrębie wyróżniono 100 jednostek (miast i gmin) należących administracyjnie do województwa śląskiego, które przyjęto za pola podstawowe oceny. Podstawę analizy i oceny stanu środowiska przyrodniczego tych jednostek stanowiły informacje zintegrowane w bazach danych 32 arkuszy mapy sozologicznej, pokrywających obszar badań. Przyjęcie powierzchni miast i gmin za pola podstawowe oceny wiązało się z weryfikacją i transformacją bazy danych numerycznej mapy sozologicznej, opracowanej w ujęciu arkuszowym, na układ nawiązujący do podziału administracyjnego. Operacja ta polegała na:

- łączeniu obszarów położonych na różnych arkuszach w jeden obiekt - w tym przypadku gminę lub miasto,
- wyselekcjonowaniu ze wszystkich warstw tematycznych danego arkusza informacji dotyczących jedynie wskazanej jednostki administracyjnej, np. z warstwy tematycznej grunty orne chronione należało wyodrębnić tylko te położone w obrębie wskazanej gminy, z warstwy drogi – wskazać odcinki przebiegające przez obszar gminy itd.,

- zapisaniu tych informacji w odrębnej bazie danych, utworzonej dla każdej poddanej analizie jednostki administracyjnej.

Przy założeniu, że na treść każdego arkusza mapy sozologicznej składa się ponad 60 warstw tematycznych, a analizie poddano 100 jednostek administracyjnych, etap transformacji i tworzenia bazy danych w ujęciu obiektowym należy określić jako najbardziej czasochłonny i wymagający największego nakładu pracy. Jednak dzięki wykorzystaniu GIS jako narzędzia wspomagającego nie stanowił on bariery w postępowaniu badawczym.

W każdej z badanych jednostek określono stan środowiska przyrodniczego wyrażony wartością syntetycznego wskaźnika obliczonego według schematu przedstawionego w metodycznej części niniejszego opracowania. Na podstawie obliczonych wartości wskaźników syntetycznych wyodrębniono jednorodną grupę obszarów o zbliżonym poziomie stanu środowiska przyrodniczego, wykorzystując metodę k-średnich. Polega ona na pogrupowaniu wszystkich badanych jednostek (100 miast i gmin) w określoną liczbę regionów, które będą maksymalnie różniły się od siebie, a jednocześnie stanowić będą jednorodną grupę obszarów o zbliżonym poziomie stanu środowiska i zbliżonej strukturze przyjętych do analizy syntetycznych wskaźników stanu zanieczyszczeń i zagrożeń oraz potencjału środowiska.

W efekcie zastosowanej procedury badawczej uzyskano przestrzenną diagnozę stanu środowiska przyrodniczego, która pomyślana została jako dochodzenie do syntezy przestrzennej poprzez diagnozę poszczególnych jego komponentów. Analityczne podejście umożliwiło rozpoznanie stanu poszczególnych komponentów w obrębie całego badanego obszaru i wyselekcjonowanie obszarów, gdzie rozpoznany stan wskazuje na zagrożenie i trwałe przeobrażenie komponentu, oraz obszarów, gdzie stopień przeobrażeń danego komponentu nie stanowi zagrożenia dla równowagi w systemie środowiska przyrodniczego. Synteza tych informacji pozwoliła na ocenę stanu środowiska w aspekcie ilościowym, systematyzującym i prognozytycznym.

no 16 jednostek, 13 z nich tworzy zwarty, połączony wspólnymi granicami region, obejmujący główne miasta Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego: Zabrze, Bytom, Rudę Śląską, Świętochłowice, Chorzów, Siemianowice Śląskie, Piekary Śląskie, Katowice, Czeladź, Będzin, Sosnowiec, Mysłowice, Jaworzno. Trzy pozostałe jednostki to Łaziska Górne, Rybnik i Cieszyn, które nie są połączone terytorialnie wymienionym regionem. Przeprowadzona wielokryterialna analiza, obejmująca stan zanieczyszczeń i zagrożeń poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego oraz ich potencjał, pozwala stwierdzić, że na wskazanym obszarze występują trwałe zanieczyszczenia i obciążenia środowiska przyrodniczego w obrębie wszystkich uwzględnianych elementów, a swym zasięgiem obejmują one znaczny odsetek ocenianego terenu. Bardzo duży stan zanieczyszczeń i zagrożeń przy niewielkim potencjale tego obszaru wpływa na zaburzenie równowagi w systemie środowiska przyrodniczego. Wartości syntetycznego wskaźnika stanu środowiska, charakteryzujące opisaną powyżej grupę jednostek, zawierały się w przedziale od 0,3352 do 0,4396. Wśród 100 analizowanych jednostek miastem o najsilniej zdegradowanym środowisku przyrodniczym, którego stan oceniono najniżej, jest Sosnowiec.

W grupie obszarów referencyjnych charakteryzujących się najkorzystniejszymi wartościami wskaźnika syntetycznego, stan środowiska przyrodniczego określono jako dobry, nie zaś bardzo dobry, bowiem najwyższa uzyskana wartość wskaźnika wynosiła 0,5824, co w stosunku do wartości maksymalnej możliwej do osiągnięcia, równej 1, uznać należy za wartość średnią. Grupę tę stanowi zaledwie 10 jednostek, 8 z nich (miasto i gmina Wilamowice, Bestwina, Czechowice-Dziedzice, Chybie, Skoczów, Strumięń, Zebrzydowice, Pawłowice) tworzy równoleżnikowy zwarty pas, wypełniający częściowo Kotlinę Oświęcimską i Pogórze Śląskie, a dwie pozostałe: Wielowieś i Toszek położone są w północno-zachodniej części Wyżyny Śląskiej. Są to gminy charakteryzujące się niewielkim stopniem zanieczyszczeń i zagrożeń oraz wysokimi wartościami potencjału, co wyraźnie wyróżniło je na tle

innych analizowanych jednostek.

3. Ocena stanu środowiska w aspekcie prognostycznym - poprzez:

- Identyfikację najbardziej zagrożonych i przeobrażonych komponentów środowiska przyrodniczego badanych jednostek oraz ich głównych walorów; wyrażenie tych elementów syntetycznymi wskaźnikami umożliwia ocenę stopnia zróżnicowania stanu zanieczyszczeń i zagrożeń oraz potencjału między poszczególnymi komponentami tworzącymi system środowiska przyrodniczego danej gminy czy miasta.
- Określenie sprawności ekologicznej systemu środowiska przyrodniczego jako prostego modelu prognostycznego

$$\eta = \frac{P}{O} \quad (1)$$

η - sprawność systemu,

P - potencjał systemu - wszelkie zasoby środowiska kreujące jego zdolność do zaspokajania potrzeb człowieka,

O - opór systemu - czynniki ograniczające potencjał i wpływające negatywnie na rozwój systemu, czyli zanieczyszczenia i zagrożenia środowiska przyrodniczego (naturalne i antropogeniczne) obniżające wartość potencjału.

Zwiększenie sprawności systemu środowiska przyrodniczego nastąpić może poprzez wzrost potencjału, zmniejszenie oporu, czyli zmniejszenie stopnia zanieczyszczeń i zagrożeń, bądź też jednocześnie działanie w obu zaprezentowanych nurtach. Pozwala to na modelowanie poszczególnych parametrów stanu środowiska przyrodniczego i tworzenie optymalnych wariantów jego rozwoju.

Najwyższą wydolność systemu odnotowano w mieście i gminie Wilamowice, gminach Pawłowice, Chybie, Zbrostawice, Bestwina, Toszek, Zebrzydowice i Hażlach (25-30%). Najniższą w Świętochłowicach, Sosnowcu, Rudzie Śląskiej, Czeladzi (poniżej 10%).

mniejsze jednostki – podstrefy (oznaczone symbolami od Ia do IIIId), stanowiące pola podstawowe oceny.

Zasadniczą część badań stanowiła diagnoza stanu środowiska, przeprowadzona w jednostkach przestrzennych miasta Poznania (tab. 5). Oceny stanu środowiska w wyznaczonych jednostkach przestrzennych (podstrefach) Poznania dokonano zgodnie z założeniami metodycznymi, które zostały zawarte w niniejszym artykule.

Kolejnym etapem badań była ocena poziomu zachorowalności mieszkańców miasta Poznania na wybrane choroby cywilizacyjne w latach 1989-1998.

Do przedstawienia sytuacji zdrowotnej mieszkańców miasta Poznania posłużono się negatywnymi,

pośrednimi miernikami zdrowia, które charakteryzują zdrowie nie wprost, ale poprzez liczbę oraz rodzaj zachorowań; takim miernikiem jest współczynnik zachorowalności.

Do analizy zachorowalności wybrano następujące choroby cywilizacyjne:

- pierwotne nowotwory najczęstszych umiejscowień,
- choroby układu oddechowego,
- choroby układu krążenia.

Wartości współczynników (tab. 6) wyznaczano (w każdej z jednostek przestrzennych Poznania) dla dwóch grup wiekowych: produkcyjnej (ludność w wieku od 20 do 59 lat) i poprodukcyjnej (powyżej 60 lat).

Tabela 5. Syntetyczne wskaźniki degradacji, walorów i stanu środowiska przyrodniczego dla poszczególnych jednostek przestrzennych.

Table 5. Synthetic indices of degradation, indices for environmental values and an index of the state of the natural environment calculated for particular spatial units.

	Wskaźnik degradacji atmosfery	Wskaźnik degradacji litosfery	Wskaźnik degradacji hydrosfery	Wskaźnik infrastruktury	Wskaźnik degradacji środowiska przyrodniczego	Wskaźnik walorów fitosfery	Wskaźnik obszarów chronionych	Wskaźnik walorów hydrosfery	Wskaźnik walorów środowiska przyrodniczego	Wskaźnik stanu środowiska przyrodniczego
Ia	0,4237	0,7196	0,1710	0,2500	0,3911	0,1223	0,2500	0,1107	0,1610	0,2760
Ib	0,3241	0,7214	0,0000	0,4956	0,3853	0,4558	0,0978	0,1445	0,2327	0,3090
IIa	0,6179	0,7082	0,3083	0,5566	0,5477	0,1783	0,1387	0,0033	0,1068	0,3273
IIb	0,5753	0,4222	0,2743	0,5288	0,4501	0,1254	0,1250	0,0666	0,1056	0,2779
IIc	0,4050	0,5837	0,4484	0,6063	0,5108	0,3777	0,2753	0,0000	0,2177	0,3643
IIIa	0,9982	0,7781	0,6150	0,6850	0,7691	0,1905	0,4715	0,3719	0,3446	0,5568
IIIb	0,8884	0,9201	0,3116	0,8507	0,7427	0,4879	0,5522	0,2080	0,4160	0,5794
IIIc	0,9548	0,6141	0,4191	0,8304	0,7046	0,6723	0,1355	0,4333	0,4137	0,5591
IIId	0,9714	0,9208	0,3395	0,7261	0,7395	0,4030	0,1045	0,4215	0,3096	0,5245

Źródło (Source): Obliczenia własne

Tabela 7. Współczynniki korelacji Pearsona syntetycznych wskaźników jakości środowiska przyrodniczego i współczynników zachorowalności na wybrane choroby cywilizacyjne.

Table 7. The Pearson's correlation coefficients between the synthetic indices of the quality of the natural environment and the incidence rates of the particular civilisation-related diseases.

	Współczynniki zachorowalności na nowotwory pierwotnych umiejscowień		Współczynniki zachorowalności na choroby układu oddechowego		Współczynniki zachorowalności na choroby układu krążenia	
	20-59 lat	pow. 60 lat	20-59 lat	pow. 60 lat	20-59 lat	pow. 60 lat
Syntetyczne wskaźniki degradacji atmosfery	* -0,9253	-0,7938	-0,7963	-0,3084	-0,4836	-0,3412
Syntetyczne wskaźniki degradacji litosfery	-0,5790	-0,4032	-0,3534	-0,2215	* -0,8070	-0,4627
Syntetyczne wskaźniki degradacji hydrosfery	-0,6636	-0,3636	-0,4172	-0,0279	-0,0878	-0,1826
Syntetyczne wskaźniki infrastruktury	-0,7716	* -0,9332	-0,7237	0,0115	-0,5175	-0,3314
Syntetyczne wskaźniki degradacji środowiska przyrodniczego	* -0,9525	* -0,8171	-0,7586	-0,1923	-0,5872	-0,4107
Syntetyczne wskaźniki walorów fitosfery	-0,3592	-0,7658	-0,1513	0,2710	-0,3912	-0,3903
Syntetyczne wskaźniki obszarów chronionych	-0,3905	-0,3158	-0,4352	0,4447	-0,2421	-0,6000
Syntetyczne wskaźniki walorów hydrosfery	* -0,8249	-0,7348	-0,4734	-0,2556	-0,3652	-0,5236
Syntetyczne wskaźniki walorów środowiska przyrodniczego	-0,7638	* -0,9006	-0,5069	0,2266	-0,4925	-0,7333
Syntetyczne wskaźniki stanu środowiska przyrodniczego	* -0,9197	* -0,9016	-0,6862	-0,0111	-0,5770	-0,5816

Źródło (Source): Obliczenia własne

- - współczynniki korelacji istotne na poziomie $\alpha = 0,05$
 * - współczynniki korelacji istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

zbiorami zmiennych, jak również istotnych zależności pomiędzy nimi. Jest to niewątpliwym asumptem do dalszych, bardziej szczegółowych badań, w których wykorzystanie technik GIS, umożliwiających śledzenie zmienno-

ści zjawisk w czasie, jak również ze względu na aspekt przestrzenny badań, wydaje się w obecnych czasach koniecznością.

On the basis of this synthetic indicator, a classification was carried out to distinguish groups of areas uniform as to the state of their natural environments. It was used to identify and characterise the most three-

atened areas as well as reference areas with the best synthetic measures of the state of their natural environments.

BEATA HEJMANOWSKA, EWA GŁOWIENKA¹

WSTĘPNE WYNIKI POMIARÓW SPEKTROMETRYCZNYCH I KLASYFIKACJI OB- RAZÓW HIPERSPEKTRALNYCH REKULTYWOWANEGO OBSZARU TARNOBRZE- SKIEGO ZAGŁĘBIA SIARKOWEGO

Słowa kluczowe:

teledetekcja, pomiary hiperspektralne, zanieczyszczenie gruntów siarką, DAIS

Abstrakt

Przedmiotem badań, których wyniki zaprezentowano w niniejszej publikacji są dane o wysokiej rozdzielczości spektralnej, tzw. dane hiperspektralne.

W ramach niniejszej publikacji zaprezentowano wstępne wyniki badań prowadzonych w ramach projektu UE, HPRI-CT-1999-00075: „Hysens – DAIS/ROSI Imaging Spectrometers at DLR”, podprojekt: HS2002-PL4, „Airborne spectrometry for abandoned mine site classification and environmental monitoring at the Machów sulphur mine district in Poland”. Przedstawiono wyniki pomiarów spektrometrycznych wzorców referencyjnych: mieszanek piasku i siarki oraz opisano technologię przetwarzania obrazów hiperspektralnych wykorzystując oprogramowanie ENVI (Environment for Visualising Images).

Prace w ramach projektu są częściowo finansowane przez projekt KBN nr: 5T12E00525.

INITIAL RESULTS OF FIELD SPECTROMETRY MEASUREMENTS AND HYPOERSPECTRAL IMAGES CLASSIFICATION OF ABANDONED SULPHUR MINE AREA NEAR TARNOBRZEG

Key words:

remote Sensing, hyperspectral data, spectral measurements, soil contamination of sulphur, DAIS

Abstract

In the paper results of hyperspectral/multispectral data processing: spectral laboratory measurements and DAIS images processing are presented. A project: „Airborne spectrometry for abandoned mine site classification and environmental monitoring at the Machów sulphur mine district in Poland”, HS2002-PL4 was carried out in 2002. The project is a part of 5th Program of UE HPRI-CT-1999-00075: „HySens - DAIS / ROSI Imaging Spectrometers at

¹Akademia Górniczo-Hutnicza, Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Kraków

Złoże ma formę pokładu o grubości od 10 do 13 m. Nad serią siarczanową występują iły sarmatu, w spągu zaś piaski baranowskie i iły tortońskie. Zawartość siarki w złożu wynosi średnio 24%. Wśród domieszek występuje gips, kwarc, tlenki glinu, tytan i siarczany strontu oraz ślady bituminów. Płytsze części złoża do głębokości 120m są eksploatowane odkrywkowo (Machów), natomiast głębsze metodą otworową (Jeziórko)[5].

Obszar górniczy siarki Machów/Jeziórko obejmuje 3 kopalnie: Machów – kopalnia odkrywkowa, Jeziórko i Grzybów – kopalnie otworowe. W 1980 roku całkowita produkcja siarki przekraczała 5Mt, a Jeziórko było największą na świecie tego typu kopalnią. W 1996 roku produkcja została zatrzymana z powodu spadku cen siarki. Zdegradowany obszar po eksploatacji siarki obejmuje ponad 1700 ha. Koszty rekultywacji wahają się w granicach 20 000 – 50 000 PLN/ha. Zanieczyszczenie siarką powoduje zakwaszenie gleby. Ogólnie rekultywacja polega na usunięciu bardzo zanieczyszczonej warstwy gruntu i zdeponowanie jej np. na obszarze byłej kopalni odkrywkowej w Machowie, a potem neutralizacji gruntu poprzez wapnowanie. Innym z następstw eksploatacji siarki jest zmiana stosunków wodnych i związane z tym deformacje terenu [1].

Przedmiotem badań, prowadzonych w ramach projektu, był obszar Tarnobrzесьkiego Zagłębia Siarkowego (Rys. 1). Wstępna faza projektu, z której wyniki są prezentowane w niniejszym artykule, obejmowała prace związane z opracowaniem sposobu przetwarzania danych hiperspektralnych w taki sposób, żeby możliwe było porównanie danych zarejestrowanych z pokładu samolotu z naziemnymi pomiarami spektrometrycznymi. Do tego celu wybrano fragment zobrazowania obejmujący obszar dawnej kopalni w Piasecznie, na którym znajdują się dwa charakterystyczne obiekty: zbiornik wodny i duży obszar piaszczysty (pozostałość po wyrobisku) (Rys. 5).

3. METODYKA

Prace badawcze dotyczyły dwóch zagadnień:

- laboratoryjnych pomiarów spektrometrycznych preparowanych prób gruntowych,
- testowania standardowego przetwarzania danych

hiperspektralnych w programie ENVI.

3.1. Pomiary spektrometryczne

Celem pomiarów spektrometrycznych było zbadanie wpływu zanieczyszczenia gruntu siarką na jego odpowiedź spektralną. W celu wyznaczenia wzorcowych charakterystyk spektralnych przygotowanych zostało 7 wzorców o następującym składzie:

Próbka 1	- 0 % siarki	100% piasku
Próbka 2	- 100 % siarki	0% piasku
Próbka 3	- 50 % siarki	50% piasku
Próbka 4	- 25 % siarki	75% piasku
Próbka 5	- 10 % siarki	90% piasku
Próbka 6	- 5 % siarki	95% piasku
Próbka 7	- 2 % siarki	98% piasku

Wszystkie próbki pomierzone zostały w warunkach laboratoryjnych, w dwóch przedziałach spektralnych 0,4 – 2,5 μm oraz 2-14 μm .

Szczegółowa metodyka pomiaru spektrometrycznego znajduje się w następujących publikacjach: [2, 3, 4].

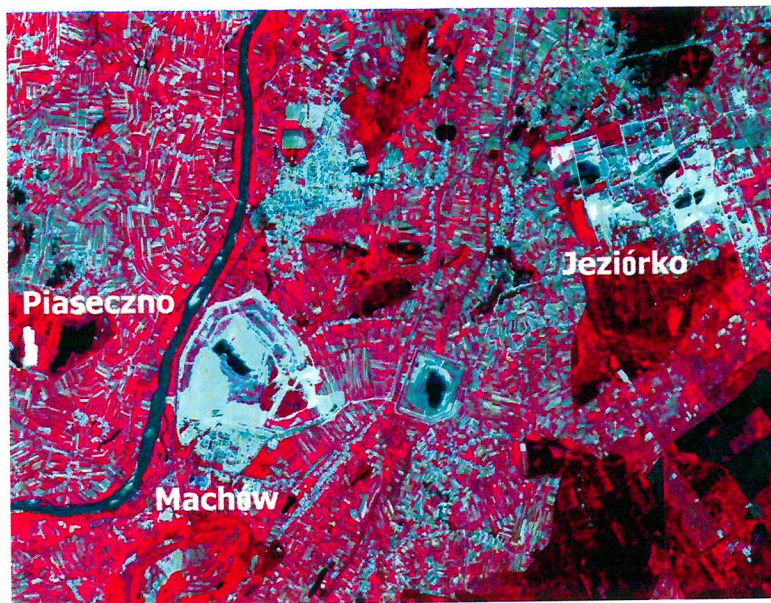
3.2. Przetwarzanie obrazów hiperspektralnych

Do analizy wykorzystane zostało zobrazowanie DAIS zarejestrowane 4 sierpnia 2002 w 79 kanałach w zakresie spektralnym 0,4-13 μm . Szczegółowe zakresy długości fal i szerokości przedziałów spektralnych rejestrowanych w poszczególnych kanałach spektrometru DAIS są dostępne na stronie internetowej [<http://www.op.dlr.de/dais/dais-wtb.htm>]

W celu przetestowania procedur kalibracji i transformacji zobrazowań hiperspektralnych, dostępnych w programie ENVI, wybrano obszar testowy w okolicy kopani Jeziórko przyjmując dwa obiekty wzorcowe wodę i piasek (Rys. 5).

3.2.1. Standardowe przetwarzanie obrazów hiperspektralnych w ENVI

W ENVI jest możliwość korzystania z systemu wspomaganego procesu przetwarzania danych hiperspektralnych. Poniżej opisano krok po kroku przetwarzanie



Rys. 1. Centralna część Tarnobrzęskiego Zagłębia Siarkowego – kompozycja barwna z kanałów 3,2,1 satelity Aster.
Fig. 1. Central part of The Tarnobrzeg Sulphur Mine District – Aster 3,2,1 channels – False Color Composit.

piksele odpowiadające mieszaninie tych substancji leżą pomiędzy tworzącymi je czystymi substancjami. Związek liniowy mieszaniny składającej się z substancji A i z substancji B tworzących spektrum obrazu C można zapisać w postaci prostego równania: $A+B=C$.

3.2.1.5. Przetwarzanie obrazów hiperspektralnych DAIS

W pierwszym etapie przetwarzania przeprowadzono operację *Minimum Noise Fraction (MNF)*. Proces ten pozwala na taką transformację obrazów, iż możliwe jest uszeregowanie kanałów w porządku: od tych, które niosą największą liczbę informacji do kanałów prawie z samymi zakłóceniami. W przypadku analizowanych obrazów DAIS prawie cała informacja spektralna została zawarta w pierwszych dwudziestu, uzyskanych po transformacji, obrazach.

Następnym etapem było wyszukanie spektralnie czystych pikseli, a więc użycie algorytmu *Pixel Purity Index*. W celu dalszej selekcji danych, koniecznej do poprawnej interpretacji i analiz w n-wymiarowej przestrzeni, należało przeprowadzić dodatkową selekcję uzyskanych po MNF i PPI danych. Zastosowano tzw. progowanie wyniku PPI, które ogranicza liczbę pikseli do dowolnie podanej wartości. W jego rezultacie otrzymano kilkanaście tysięcy pikseli, które jako „chmura pikseli” zostały wyświetlone w n-wymiarowym narzędziu do wizualizacji programu ENVI i zakwalifikowane do odpowiednich klas. Następnie przyporządkowano je określonym obszarom na obrazie za pomocą funkcji „*scatter plot*”. Jest to odpowiednik n-wymiarowego narzędzia wizualizującego, przedstawiającego układ pikseli dla dowolnych dwóch kanałów spektralnych. Poprzez sprzężenie obrazu z jego wykresem można w prosty sposób lokalizować interesujące obiekty, obszary, na obrazie lub w przestrzeni spektralnej.

Czyste spektralnie piksele stanowią dane wejściowe do klasyfikacji SAM (*Spectral Angle Mapping*). Klasyfikacja SAM wymaga podania wartości kąta granicznego, od którego piksele obrazu będą klasyfikowane do poszczególnych grup. W tym przypadku był to kąt 0,10 radiana.

3.2.2. Analiza porównawcza lotniczych i naziemnych danych hiperspektralnych

W przypadku planowania analiz obrazów teledetekcyjnych na poziomie wartości energetycznych zarejestrowanego promieniowania elektromagnetycznego konieczna jest wstępna korekcja obrazowania teledetekcyjnego. Na wielkość zarejestrowanego promieniowania w znacznej mierze ma wpływ atmosfera. Atmosfera zarówno tłumi promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące od obiektu, jak również jest źródłem dodatkowego promieniowania rejestrowanego przez detektor. Istnieją różne metody uwzględniania wpływu atmosfery, które generalnie są związane z 2 zakresami fal elektromagnetycznych: przedziałem fal widzialnych i bliskiej podczerwieni oraz zakresem termalnym.

3.2.2.1. Przedział fal widzialnych i bliskiej podczerwieni - DAISY kanały: 1-72 (0,4 – 2,5 μm)

Dane zarejestrowane za pomocą skanera DAIS, w przedziale fal widzialnych i bliskiej podczerwieni, zostały wstępnie przetworzone w oparciu o 2 metody: *Flat Field* oraz *Internal Average Relative Reflectance (IARR)*.

Metoda *Flat Field* pozwala na szybką korekcję wpływu atmosfery. Metoda ta polega na zdefiniowaniu obszaru o znanej wartości współczynnika odbicia (np. wody), obliczeniu w tym obszarze średnich wartości odpowiedzi spektralnych w poszczególnych kanałach i podzieleniu każdego piksela każdego kanału obrazu przez tę wartość średnią.

Metoda *IARR* polega na normalizacji spektrum dla całego obrazu. Ze wszystkich wartości obrazu obliczana jest wartość średnia dla każdego kanału, a następnie wartość odpowiedzi spektralnej dla każdego piksela jest dzielona przez wartość średnią.

3.2.2.2. Przedział termalny - DAIS kanały: 73 - 79 (4 - 13 μm)

Przedział termalny jest trudniejszy do analizy z uwagi na to, że na wartość rejestrowanego przez detektor promieniowania ma wpływ zarówno rodzaj badanego obiektu jak i jego temperatura. Ilość niewia-

peratury jako uzyskano we wszystkich kanałach. Dla długości fali, dla której wystąpiła maksymalna wartość temperatury kinetycznej, przyjmuje się również maksymalną wartość współczynnika emisyjności. W dalszej kolejności, dla każdego kanału, obliczany jest z równania Planck'a współczynnik emisyjności przy założeniu jednej, wyznaczonej w kroku poprzednim, maksymalnej wartości temperatury kinetycznej.

Termalne kanały analizowanego zobrazowania DAIS zostały poddane korekcy atmosfery za pomocą metody *In-Scene Atmospheric Correction*, a separację emisyjności i temperatury dokonano metodą *Emissivity Normalization*

4. WYNIKI

4.1. Wynik pomiarów spektrometrycznych

Na poniższym rysunku przedstawiono krzywe spektralne dla wzorców: Rys.3 a) – w przedziale fal widzialnych, bliskiej i średniej podczerwieni (VNIR, SWIR), Rys.3 b) – w przedziale fal termalnych (TIR). Krzywa spektralna dla fal widzialnych i bliskiej podczerwieni przedstawia zależność współczynnika odbicia od długości fali, a dla podczerwieni termalnej zależność współczynnika emisyjności od długości fali.

W zakresie fal widzialnych, bliskiej i średniej podczerwieni 0,4 - 2,5 μm interpretacja spektrometryczna jest trudna, gdyż istnieje bardzo niewielkie zróżnicowanie

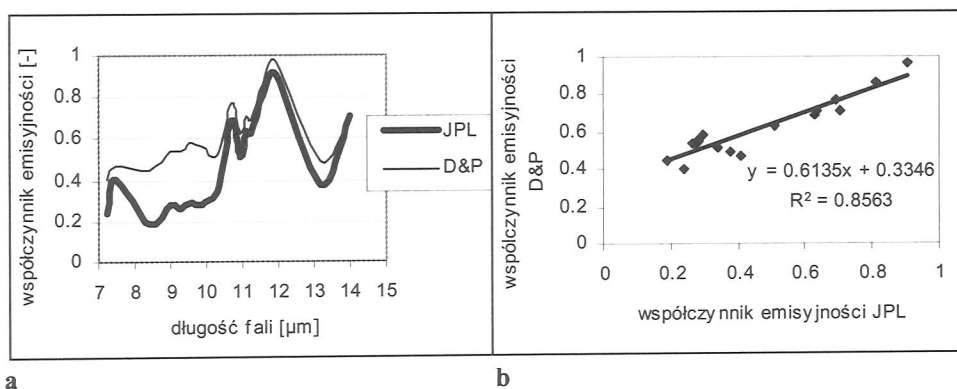
wanie przebiegu krzywych spektralnych. Można jednak zauważyć, iż dla wzorców o dużej zawartości siarki, współczynnik odbicia jest wyższy niż dla próbek z przewagą piasku. Natomiast w podczerwieni termalnej (8-14 μm) widać duże zróżnicowanie odpowiedzi spektralnych dla wszystkich badanych próbek. Na ich podstawie można wyodrębnić piki charakterystyczne zarówno dla siarki, jak i dla piasku (Rys.3b):

- dwa piki charakterystyczne dla piasku w przedziale 8 - 9 μm oraz 12,5 - 13 μm związane z promieniowaniem resztkowym krzemionki [2,6],
- dwa piki charakterystyczne dla siarki w przedziale 10 - 13 μm , których głębokość zmienia się w zależności od ilości siarki w badanej próbce.

Różnice bezwzględne między maksimum i minimum tych pików są na tyle wyraźne, iż można założyć, że dalsze badania pozwolą na znalezienie zależności pomiędzy współczynnikiem emisyjności, a zawartością siarki w badanych gruntach.

4.1.2. Porównanie wyników pomiarów z biblioteką JPL (Jet Propulsion Laboratory)

Otrzymane dla wzorców siarki wyniki porównano z krzywymi spektralnymi z biblioteki JPL (Jet Propulsion Laboratory-California Institute of Technology) [<http://asterweb.jpl.nasa.gov>] (Rys. 4). Zostały wybrane dane spektralne prób siarki, których granulometria jest zbliżona do granulometrii badanych próbek. Przebieg

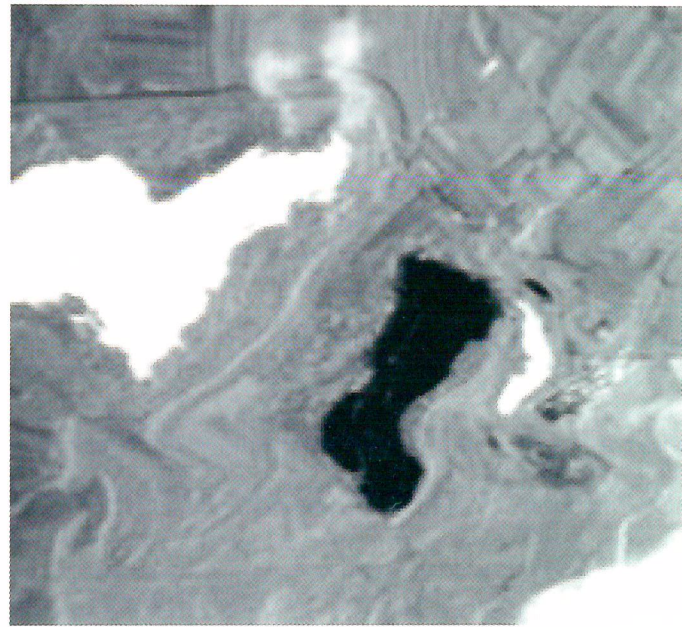


Rys. 4. Zależność współczynnika emisyjności od długości fali dla siarki; porównanie danych z JPL i pomiaru laboratoryjnego D&P.

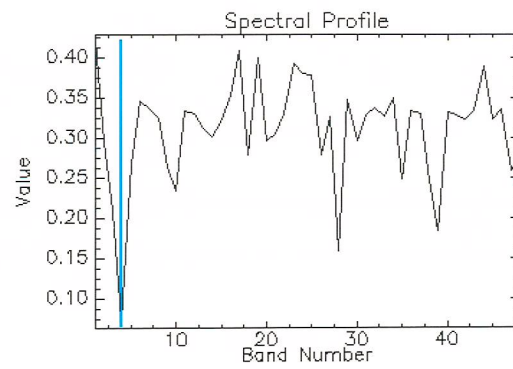
Fig. 4. The emissivity coefficient/wavelength relationship - comparison between data from JPL library for sulphur and results of laboratory spectral measurements of emissivity coefficient of sulphur/sand mixture samples D&P.



a



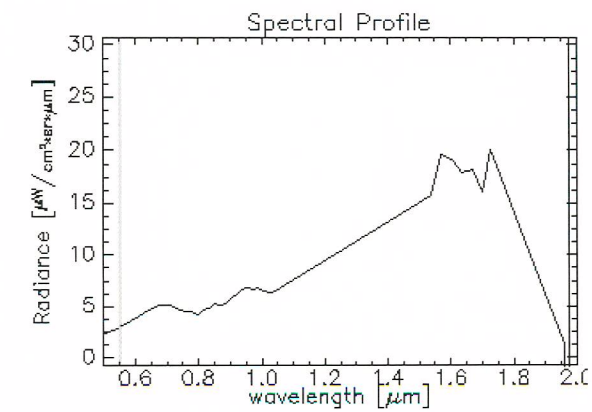
b



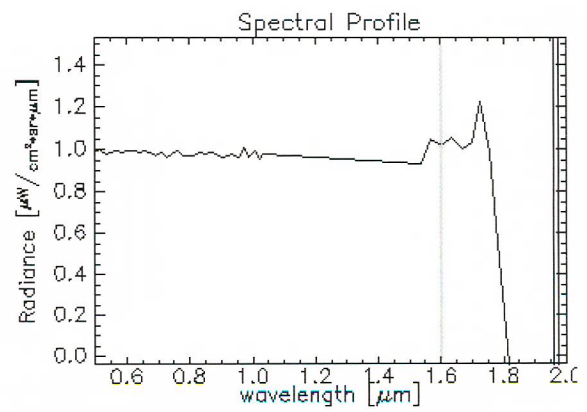
c

Rys. 5. Fragment obrazu DAIS (A), wzorcowe obiekty: woda i piasek oraz wynik klasyfikacji SAM (B), zależność kąta pomiędzy wzorcami klas a danym pikselem od numeru klasy (C).

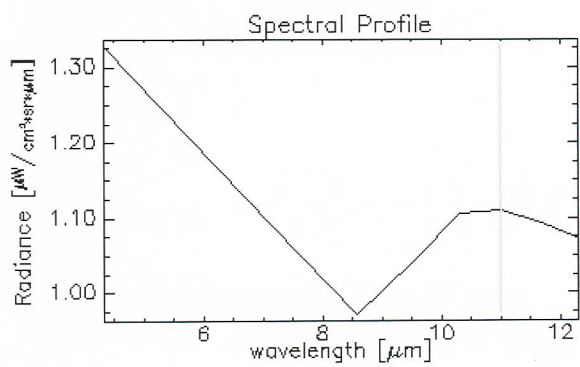
Fig. 5. Part of DAIS image (A) reference objects: water and sand; (B) result of SAM classification (C) relationship between angle between reference spectrum and spectral vector for the pixel and class number.



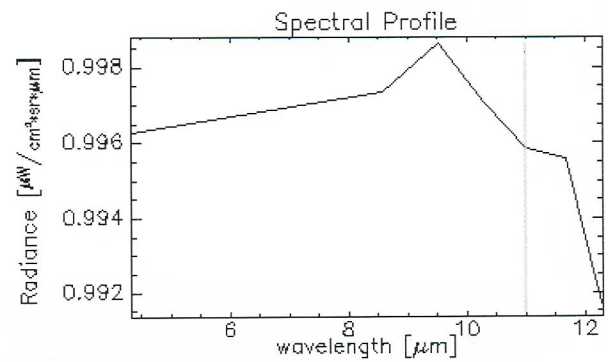
a



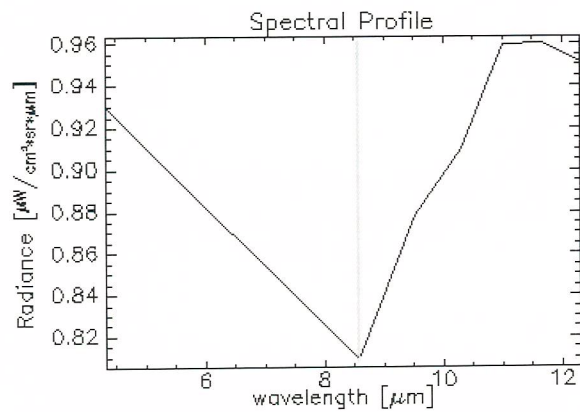
b



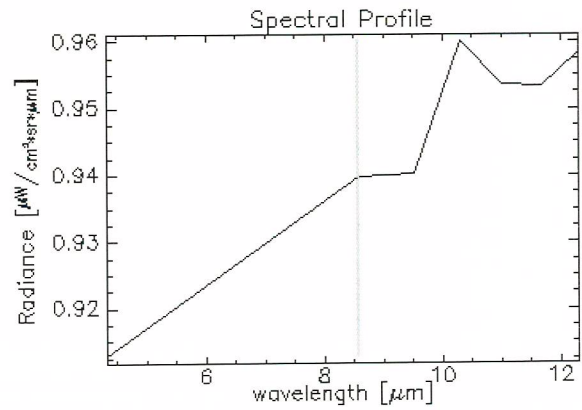
c



d



e



f

Rys. 7. Zależność promieniowania elektromagnetycznego (po korekcji) od długości fali, VNIR, SWIR – Flat Field (A – piasek, B – woda), TIR - Flat Field (C – piasek, D – woda), TIR – In-Scene Correction + Emissivity Normalisation (E – piasek, F – woda).

Fig. 7. Relationship between radiance (after correction) and wavelength, VNIR, SWIR – Flat Field (A – sand, B – water), TIR Flat Field – (C – sand, D – water) TIR – In-Scene Correction + Emissivity Normalisation (E – sand, F – water).

6. WNIOSKI

Z badań spektrometrycznych mieszanek piasku i siarki wynika, że przedziałem bardziej obiecującym dla detekcji zawartości siarki w gruncie jest przedział podczerwieni termalnej (TIR) niż przedział fal widzialnych i bliskiej podczerwieni (VIS, NIR). Szczególnie interesujące są długości fal:

- ok. 8.7 μm - odpowiadające kanałowi 74 DAIS,
- ok. 11 μm - odpowiadające kanałom 77 i 78 DAIS,
- ok. 12 μm - odpowiadające kanałowi 79 DAIS.

Pomierzona w podczerwieni termalnej krzywa spektralna dla siarki koreluje w dużym stopniu ($R=0.92$) z danymi z biblioteki JPL

Z testowania programu ENVI można wyciągnąć następujące wnioski:

- standardowa metoda przetwarzania MNF, PPI, SAM jest w ENVI bardzo wydajna, a możliwości wizualizacji n-D znacznie pomagają w wyborze czystych pikseli bez przetwarzania za pomocą funkcji odwrotnej,
- nie należy przeprowadzać klasyfikacji obrazów hiperspektralnych w oparciu o wzorce w postaci krzywych spektralnych pomierzonych spektrometrycznie na wstępnie przetworzonych metodą MNF obrazowaniach, bez przetworzenia ich za pomocą funkcji odwrotnej,
- w celu porównywania wyników naziemnych pomiarów spektrometrycznych z hiperspektralnymi danymi ze spektrometrów obrazujących umieszczonych na pokładach samolotów i satelitów konieczna jest wstępna korekcja obrazowań hiperspektralnych,
- wyniki przetworzenia obrazowań hiperspektralnych DAIS dla pola testowego pozwalają stwierdzić, że metodyka opisana w punkcie 3.2.3 jest poprawna i może zostać zastosowana w dalszych analizach.

Bibliografia

- Gołda T. i in., 1994 – *Problemy likwidacji kopalń i rekultywacji terenów pogórnicznych w górnictwie siarki* – Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Współczesne Problemy Ochrony Środowiska w Górnictwie, Krynica
- Hejmanowska B., 2003 – *An example of multi/hyperspectral data processing on the basis of the test site in sulphur mining area – Machów/Jeziórko* – Prace Komisji Geodezji i Inżynierii Środowiska PAN, Oddział Kraków, Geodezja 40
- Hook S. J., Kahle A. B., 1996 – *The Micro Fourier Transform Interferometer (μ FTIR) A New Field Spectroradiometer for Acquisition of Infrared Data of Natural Surface* – Remote Sens. Environ. 56:172-181
- Korb A. R. i in., 1996 – *Portable Fourier transform infrared spectroradiometer for field measurement of radiance and emissivity* – Applied Optics, 1 April
- Osika R., 1970 – *Geologia i surowce mineralne Polski*, praca zbiorowa, W-wa
- Reinhackel G., 1999 - *Quantitative Analyse von Braunkohlenabraumkippen mit laboratoriskopischen Infrarot-Messungen (2.5 - 14 μm) und Fernerkundungsdaten (DAIS 7915/ASTER)* - Scientific Technical Technical Report STR99/05
- <http://speclab.cr.usgs.gov/index.html> – USGS

STANISŁAW F. JUCHA, JANUSZ KOTLARCZYK, WOJCIECH MASTEJ¹

CYFROWE MAPY PROGNOZY POTENCJALNYCH SKAŁ ZBIORNIKOWYCH WĘGLOWODORÓW²

Słowa kluczowe:

zapadlisko przedkarpackie, skały zbiornikowe, sztuczne sieci neuronowe, rozpoznawanie obrazów, krigingu

Abstrakt

Wykorzystanie geoinformacji zawartej w banku danych o złożach węglowodorów umożliwiło wykonanie cyfrowych map prognozy potencjalnych skał zbiornikowych węglowodorów w części niecki Nidy pogrzebanej pod utworami miocenu, w której zostało odkryte wcześniej kilka złóż węglowodorów. Do przekształcenia wielowymiarowych danych z banku w parametr jednowymiarowy, tj. w prawdopodobieństwo trafienia otworem w skały zbiornikowe ($P[R^*]$), wykorzystano sieci neuronowe jako niealgorytmiczną metodę rozpoznawania obrazów (klasyfikacja wzorcowa).

Nielosowy model geostatystycznej zmienności obliczonego parametru pozwolił na interpolację danych (kriging punktowy) z otworów na węzły siatki ortogonalnej i wyrysowanie mapy izoliniowej wartości prawdopodobieństwa. Taka prognoza ułatwia zaplanowanie eksploracji otworowej.

Efektywność zastosowanej metody porównano z działaniem jednej z lepszych algorytmicznych metod rozpoznawania obrazów – metody funkcji potencjalnych, wykorzystanej we wcześniejszej publikacji (Kotlarczyk i in. 1999). Obie metody dały podobne rezultaty, chociaż można zauważyć nieco większą efektywność sieci neuronowych.

DIGITAL PROGNOSTIC MAPS OF HYDROCARBON-RESERVOIR ROCKS

Key words:

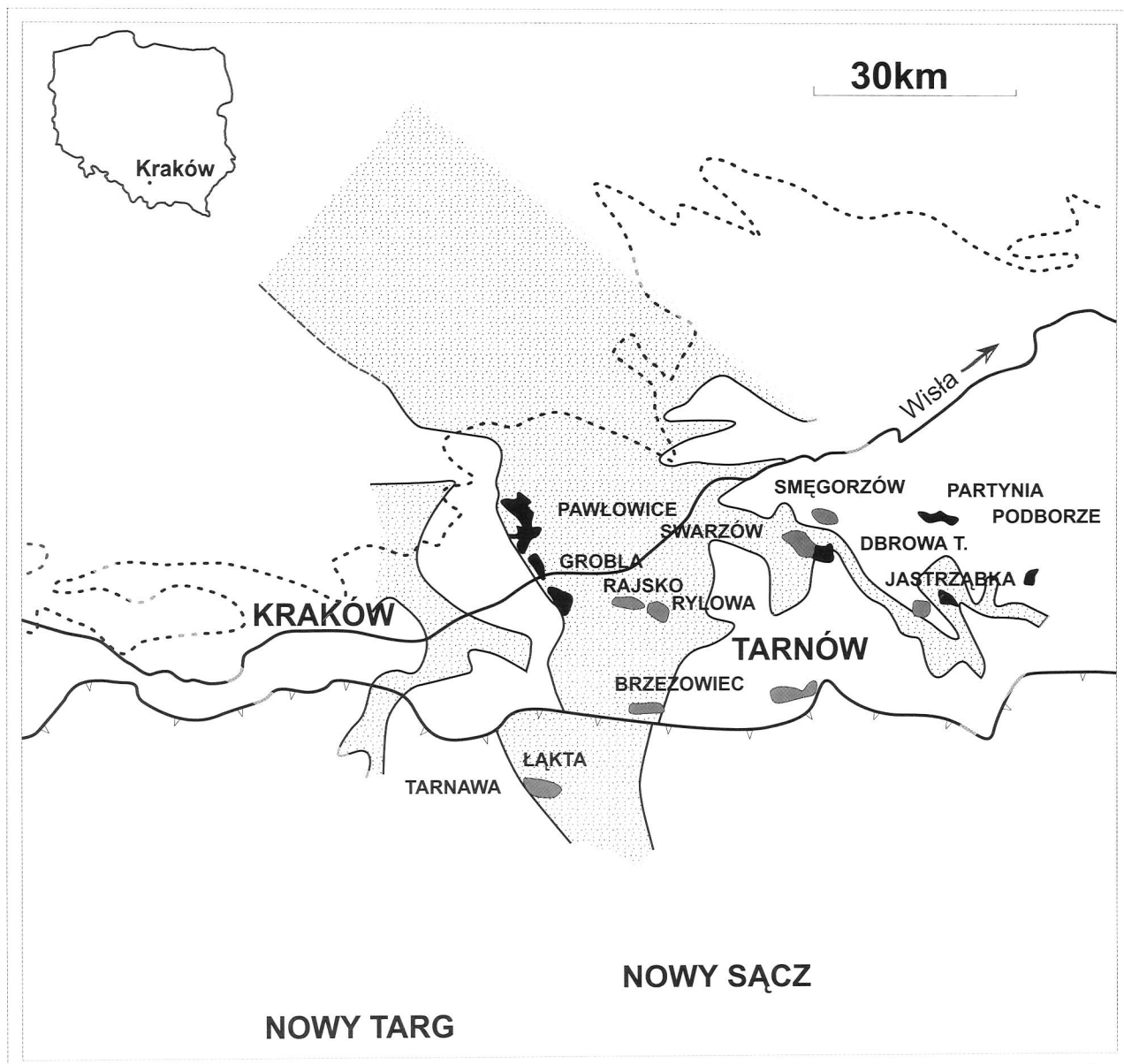
carpathian Foredeep, hydrocarbon reservoir rocks, artificial neural networks, pattern recognition, kriging

Abstract

Geoinformation contained in the data base for hydrocarbon deposit allowed to obtain digital prognostic maps of hydrocarbon reservoir rocks in the part of the Nida River synclinerium buried under the Miocene strata where several hydrocarbon deposits have been previously discovered. In order to transform multidimensional

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków

² Praca finansowana z działalności statutowej Zakładu Geologii Ogólnej i Matematycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie



Ryc. 1. Lokalizacja złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w mezozoiku zapadliska przedkarpackiego na tle rozprzestrzenienia utworów cenomanu (wg Baran U., Jawor E., Jawor W., 1998, uproszczone):

1 – zasięg nasunięcia karpackiego, 2 – północny zasięg osadów miocenijskich pokrywających niezgodnie utwory starsze, 3 – zasięg występowania piaskowców cenomańskich (w strefie między Swarzowem a Jastrząbką przebieg granicy różni się nieco w szczegółach od danych autorów), 4 – złoża gazu w podłożu miocenu, 5 – złoża ropy w podłożu miocenu, 6 – obszar badań.

Fig. 1. Localization of oil and gas deposits in the Mesozoic sequence of the Carpathian Foredeep referred to distribution of Cenomanian sediments (after Baran U., Jawor E., Jawor W., 1998, simplified):

1 – range of the Carpathian overthrust, 2 – northern range of Miocene strata discordantly overlapping older rock sequence, 3 – range of Cenomanian sandstones (in the area between Swarzów and Jastrząbką, the range differs somewhat from the authors' data), 4 – gas deposits in the basement of Miocene strata, 5 – oil deposits in the basement of Miocene strata, 6 – study area.

wariantu metody funkcji potencjalnych zamieszczono w pracy Kotlarczyka i Masteja (1994, s. 333-334).

Niniejsze opracowanie zawiera wyniki analogicznego prognozowania (klasyfikacji wzorcowej) za pomocą sieci neuronowych (użyto programu Statistica Neural Networks 5.5 PL firmy Statsoft) oraz porównanie efektywności obu metod. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto następujące założenia. W analogicznych pracach z użyciem metod matematycznych do prospekcji złóż rozróżnia się (np. Harff i in. 1992) tzw. klasy docelowe i klasy predyktorów. W przypadku poszukiwań węglowodorów za pomocą otworów wiertniczych, klasę docelową złożową **R** (ropa i gaz) tworzą wszystkie otwory odwiercone na obszarze poszukiwań, zawierające ekonomiczne zawartości węglowodorów. Odpowiednio klasę niezłożową **W** (woda) stanowią otwory płonne. Oprócz otworów klas **R** i **W** występują otwory o nieznanym przynależności klasowej.

W każdym otworze można zmierzyć wartości cech predykcyjnych (ξ_i) będące realizacją wektora losowego $\Xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_k\}$. Konkretnie wartości poszczególnych cech tworzą matematyczną reprezentację otworu.

Dla klas docelowych wyznacza się wzorce spośród otworów o znanej a priori przynależności klasowej. Najczęściej jednak nie mamy pełnej wiedzy (np. błąd rozpoznania wiertniczego) o przynależności otworów wzorcowych do klas docelowych, zatem typuje się je spośród otworów, dla których wątpliwości co do ich przynależności są najmniejsze.

Podczas procedury klasyfikacji każdy otwór (o znanej lub nieznanym przynależności do klasy docelowej) kojarzony jest z jakąś klasą docelową. Błędy klasyfikacji powodują jednak, że nowe klasy utworzone w wyniku klasyfikacji, tzw. klasy predyktorów **R*** i **W***, nie pokrywają się dokładnie z klasami docelowymi **R** i **W**. Przydzielenie otworowi nowej klasy dokonuje się bowiem w oparciu o podobieństwo między cechami opisującymi klasyfikowany otwór a wzorcowymi reprezentacjami klas **R** i **W**. Klasy docelowe i klasy predyktorów pokrywałyby się, gdyby związek między wartościami cech w otworze a obecnością złoża był jednoznaczny. Klasę **R*** nazwano „skałą zbiornikową”, ponieważ grupuje ona otwory posiadające podobne war-

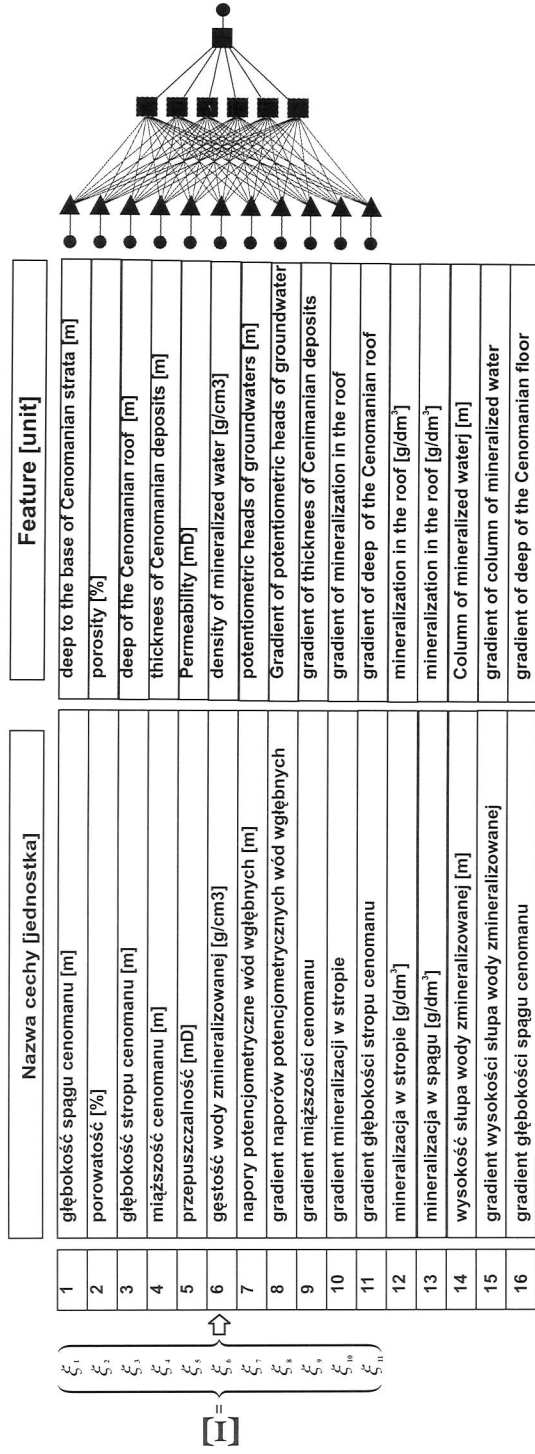
tości cech ξ_i , jak otwory wzorcowe dla klasy złożowej **R**. Analogicznie klasę **W*** nazwano „skałą płonna” (otwory posiadające podobne wartości cech ξ_i , jak otwory wzorcowe dla klasy niezłożowej **W**).

Dla otworów o znanej a priori przynależności do klas docelowych, tj. dla wzorców lub dla ich części przeznaczonych do walidacji, można błędy klasyfikacji obliczyć. Błędy te służą później jako oszacowania błędów klasyfikacji otworów o nieznanym a priori przynależności klasowej.

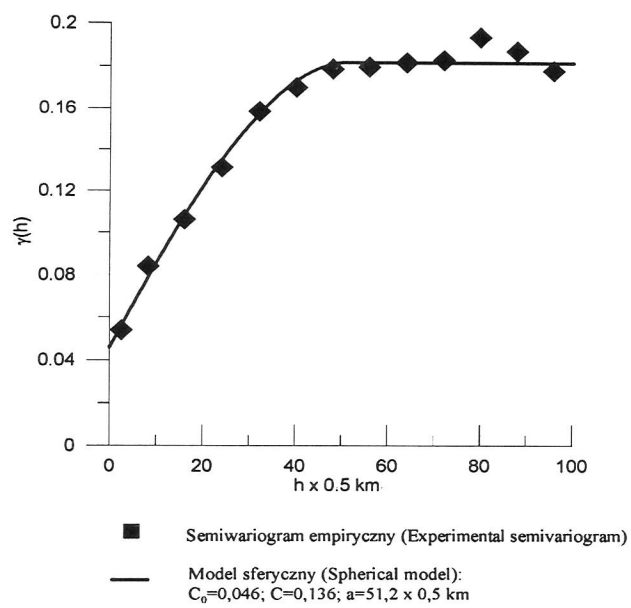
Podobnie jak w wykonanych uprzednio badaniach (Kotlarczyk i in. 1999), wykorzystano 16 wyselekcjonowanych cech (ryc. 4). Wytypowano 67 otworów klasy **R**, 58 klasy **W** i 566 o nieznanym przynależności klasowej. Zbiór otworów obydwu klas docelowych podzielono na część uczącą **U**, tzn. wzorce (ok. 2/3 ogólnej liczby tych otworów), i na część walidacyjną **V** (ok. 1/3 ogólnej liczby tych otworów), służącą do oceny jakości modelu sieciowego.

3. Klasyfikacja wzorcowa za pomocą sztucznych sieci neuronowych

W wyniku testów dobrano optymalną architekturę sieci neuronowej – perceptron 3-warstwowy z 11 neuronami w warstwie wejściowej, 6 neuronami w warstwie ukrytej i jednym – w warstwie wyjściowej (terminologia sieci neuronowych objaśniona jest w wielu pracach, np. Tadeusiewicza 2001). Równocześnie okazało się, że do rozklasyfikowania otworów wystarcza mniejszy, 11-elementowy zespół cech (ryc. 4). W rezultacie obliczeń otrzymano klasyfikację każdego otworu w formie prawdopodobieństwa $P[\mathbf{R}^*]$ przynależności do klasy „skała zbiornikowa” (jest to wartość tzw. funkcji aktywacji neuronu wyjściowego). Model sieci neuronowej jest obciążony błędem, który definiuje się standardowo jako pierwiastek sumy kwadratów różnic między wartościami funkcji aktywacji neuronu wyjściowego a przynależnością klasową, narzuconą a priori obiektom ze zbiorów **U** i **V** (1 dla klasy **R** i 0 – dla klasy **W**), w przeliczeniu na jeden wzorec. Błąd ten nie jest, w naszym przypadku, zbyt wysoki: 0,24 w zbiorze obiektów uczących i 0,28 w zbiorze obiektów walidacyjnych (tab. 1).



Ryc. 4. Wykaz cech użytych do charakterystyki otworów oraz architektura sieci neuronowych.
 Fig. 4. List of features included into characterization of studied boreholes and neural network architecture.



Ryc. 6. Semi-variogram prawdopodobieństwa przynależności otworu do klasy R*.
Fig. 6. Semivariogram of membership probability of a borehole to the class R*.

Tab. 3. Klasyfikacja dyskretna z użyciem sieci neuronowych i funkcji potencjalnych - porównanie błędów klasyfikacji.
 Tab. 3. Discrete classification by means of the neural networks and the potential function - comparison of classification errors.

	Sieci neuronowe - błędy klasyfikacji Neural networks - classification error Zbiór U+V Set U+V	Met. funkcji potencjalnych - błędy klasyfikacji The potential function method - classification errors (Kotlarczyk <i>et al.</i>) Zbiór wzorców (odpowiednik U+V) Pattern set (the equivalent of U+V)
błąd $P[R^* W]$ error $P[R^* W]$	0.07	0.16
błąd $P[W^* R]$ error $P[W^* R]$	0.07	0.09

Objaśnienia jak w tab. 2

Explanation as in tab. 2

kiem złoża Ryłowa), wyznaczone są z błędem mniejszym niż 50%. Również nowo odkryte potencjalne obszary skał zbiornikowych (na ryc. 7 wskazano je strzałkami) wykryte są (z dwoma wyjątkami – obszary nr 6 i 9) ze względny błędem mniejszym niż 50%. Obszary 6 i 9 wskazano z błędem między 50 a 100%. Interpretując mapę $P[R^*]$, należy uwzględnić fakt, że najlepszą klasyfikację dyskretną otrzymano wtedy, gdy do klasy R^* kwalifikowano te otwory, dla których $P[R^*] > p_A = p_0 = 0,6759$. Ponieważ przy $P[R^*] = 0,6759$ klasyfikowany otwór ma równe szanse być przydzielony do obu klas, zatem należy uznać, że wartości $P[R^*]$ są średnio przeszacowane o wartość $0,6759 - 0,5 = 0,1759$. Oznacza to, że przypisane otworowi wartości parametru przynależności do klasy skał zbiornikowych są w rzeczywistości niższe o kilkanaście procent.

Oszacowanie prawdopodobieństwa przynależności badanego otworu do klasy skał zbiornikowych zostało w poprzednich naszych badaniach (Kotlarczyk i in. 1999) uzupełnione wyznaczeniem wartości prawdopodobieństwa przynależności badanego otworu do klasy docelowej złożowej R . Dodatkowe obliczenia polegają na wyznaczeniu szeregu prawdopodobieństw warunkowych i obliczeniu końcowego $P[R]$ ze wzoru na prawdopodobieństwo całkowite. W obliczeniach tego typu można uwzględnić poprawkę wynikającą ze wspomnianego błędnego uznania przez wiertników otworów złożowych za płonne. Wykonana na potrzeby niniejszego opracowania mapa $P[R]$ przyniosła niewielki, kilkuprocentowy wzrost prawdopodobieństwa wykrycia potencjalnych, a także już odkrytych obsza-

rów złożowych – w porównaniu z mapą $P[R^*]$. Mapa ta nie zmienia zatem zasadniczo mapy prognostycznej $P[R^*]$ i z tego względu nie została zamieszczona.

5. Wnioski

Rozpoznawanie obrazów z użyciem sieci neuronowych dało zasadniczo wyniki podobne do uzyskanych metodą funkcji potencjalnych (por. Kotlarczyk i in. 1999). Obie metody realizują zadanie z porównywalnym, niskim błędem, aczkolwiek dokładne wyliczenia wskazują, że optymalna sieć neuronowa daje nieco mniejszy błąd (różnica 0,02 do 0,09; por. tab. 3). Dowodzi to poprawności prognozy wykonanej wcześniej metodą funkcji potencjalnych, a równocześnie jest wskazówką, by w przyszłości preferować sieci neuronowe. Dodatkowym argumentem za sieciami neuronowymi jest fakt, iż te nieco lepsze wyniki uzyskano, wykorzystując mniejszą ilość cech skał zbiornikowych. Wyprodukowana mapa daje przejrzysty obraz rozmieszczenia potencjalnych obszarów zbiornikowych i pozwala na zaplanowanie kolejnych wierceń poszukiwawczych z konkretnym prawdopodobieństwem natrafienia na skały zbiornikowe wraz z oszacowaniem błędu tej prognozy. Zaproponowana metoda stanowi ilustrację kondensowania geoinformacji wielowymiarowej w jednowymiarową.

Summary

The paper presents the visualization method of geoinformation applied to hydrocarbon exploration. Data were collected from 691 wells drilled in a part of the Nida Trough buried under the Miocene strata, in which several hydrocarbon deposits have already been discovered (Fig. 1). These deposits are reservoired in Cenomanian sandstones and, less commonly, in Uppermost Malm limestones. In each well values of 27 reservoir rocks parameters were measured (examples of parameters – Fig. 2, 3). Assuming the correlation of these parameters with the occurrence of hydrocarbon deposits (or the lack of such correlation), the occurrence of potential reservoir rocks can be prognosed despite the presence or absence of economic-grade hydrocarbon concentrations in a particular well. Comparison of such prognosis with that obtained with „classic” approach, i.e., discovery of industrial-grade hydrocarbon occurrence in a well, increased the credibility of reservoir evaluation (practically, the „classic” method fails in about 5-10% of wells).

The alternative prognosis has been obtained with the non-algorithmic pattern recognition method applying the artificial neural networks. The patterns for „reservoir rocks” class were 67 wells drilled in the areas of discovered hydrocarbon deposits whereas the patterns for „non-reservoir rocks” class were 58 wells where probability of hydrocarbon deposits discovery was low. Using the statistical method of comparison of multi-dimensional means in both classes (the Puri-Sen-Tamura method), 16 parameters providing most of information were selected from the initial population of 27 parameters (fig. 4). The result of classification was the transformation of 16-dimensional vector of parameters values, which described each well, into a single value – a probability of hitting the reservoir rock. Relatively low level of errors found during the training of a neural network (Tab. 1) led to the high-quality discrete classification (as revealed by low classification errors – Tab. 2) obtained after assuming the optimum acceptance threshold (0.6759 probability) for the „reservoir rocks” class (equal to the rejection threshold). Results of classification were displayed as a map of

potential reservoir rock occurrence (Fig. 5).

Better visualization was provided by the contour map based upon geostatistical interpolation, which enabled the estimation of parameter values in the areas where the wells have not been drilled. Non-random variability model of particular parameter (i.e. the probability of hitting the reservoir rock in a well, Fig. 6) enabled the interpolation with the point-kriging method followed by construction of contour map with interpolation errors (Fig. 7). The map displayed the distribution of potential hydrocarbon reservoir rocks, which facilitated the planning of further exploration drillings.

The non-algorithmic pattern recognition method applying the artificial neural network generally provided the similar results, however somewhat more accurate than previously used potential function method, as revealed by lower classification errors (Tab. 3). The fact that somewhat better results were obtained for lower number of reservoir rock parameters allows to conclude that the artificial neural networks can be preferred in prognosing the mineral deposits.

ANDRZEJ MAKOWSKI¹

MAPA – PUŚCIZNA KULTUROWA POSTACI PRZEKAZU GEOINFORMACJI (ONTOGENEZA MAPY)

Słowa kluczowe:

ontogeneza mapy, koncepcja mapy, mapa jako jedność trójdzielna

Abstrakt

Opracowanie przedstawia propozycję współczesnego rozumienia mapy. Studiując jej ontogenezę, uzasadniono, że mapa w swej istocie przynależy do formacji trójskładnikowych. Oznacza to, że trzy części składowe mapy: systemowa (cel), modelowa (informacja) i obrazowa (przekaz) tworzą całość – mapę, która jest zawarta w samej koncepcji mapy.

THE MAP – THE CULTURAL HERITAGE OF GEOGRAPHIC INFORMATION FORMS (THE MAP ONTOGENESIS)

Key words:

map ontogenesis, map conception, map as tripartite unity

Abstract

This paper deals with a proposal of the map contemporary understanding. Studying its ontogenesis it has been argued that a map in its essence belongs under tripartite formations. It means, that three map constituents, such as: a map system (desired goal), a map model (information) and a map image (communication) form an integral constitution – the map, that is ordinarily contained within the map conception.

¹Politechnika Warszawska, Instytut Fotogrametrii i Kartografii, Warszawa

mapy. Takie podejście jest zresztą zgodne ze współczesnymi poglądami psychologii na temat dochodzenia do wyznaczania procesów poznania w ujęciu czynnościowym (Młodkowski 1998; Maruszewski 2001).

2. Podstawowe formy psychicznej aktywności człowieka

Zanim udzielimy odpowiedzi na pytanie o ontogenezę mapy, przedstawimy pokrótce wzajemne zależności podstawowych form aktywności psychicznej, wywoływanej potrzebami działań człowieka wobec otoczenia. Zależności te są ujęte w ciąg procesów psychicznych, poczynając od sensorycznych, poprzez percepcję i procesy transformacyjno-poznawcze, obejmujące wyobrażenia, język i myślenie, po procesy emocjonalno-motywacyjne do wykonawczych, realizujących zamierzone zadania. Procesy te są ustawicznie wspomagane pamięcią i uwagą, a ponadto całość tych procesów jest poddawana samokontroli, m.in. procesom adaptacji do zmiennych w czasie okoliczności dla przeprowadzenia zamierzonego celu (ryc. 1).

Z kolei otoczenie, złożone z obiektów, zjawisk, zdarzeń – ogólnie bytów w świadomościowym kontekście przedmiotowym, jest w istocie rzeczywistością fizyczną, która może być traktowana, z uwagi na sensoryczny związek człowieka z otoczeniem, jako zbiorowość energetyczna, emitowanych bezpośrednio lub pośrednio (w postaci odbić lub przeniknięć) sygnałów, aktywizujących oddziałujących na zmysły (modalności) zależnie od zakresu ich wrażliwości i przedziałów zmian czułości. Tak więc aktywizacja receptorów modalnych (np.: wzroku, dotyku, słuchu itp.) wyznacza zarazem strefy odbioru sygnałów, uwarunkowanych modalnymi zakresami wrażliwości i rozpiętością zmian czułości. Funkcje receptorów sprowadzają się zatem do przetworzenia energii sygnałowej w pobudzenia neuronalne, tworząc obrazy recepcyjne zawierające jedynie cechy uprzedmiotowionego otoczenia (niefiguratywne), które w następstwie działania procesu **percepcji** podlegają rozpoznaniu dzięki orientacyjnym, analitycznym i wartościującym właściwościom tego procesu oraz udoskonalaniu poprzez ich skonfrontowanie z doświadczeniami na polimodalne postaci całościowych

reprezentacji psychicznych – form obrazowych, danych w spostrzeganiu jako odpowiadające aktualnym strefom odbioru sygnałów. Należy przy tym podkreślić, że **forma obrazowa jest genetyczną formą pierwotną** oraz że rezultatem procesu percepcji są **spostreżenia**.

Właściwością percepcji jest więc scalanie obrazów recepcyjnych, pochodzących z różnych stref odbioru sygnałów, dlatego spostrzeżenia mają na ogół naturę polimodalną, ale reprezentacja psychiczna jest całością, tzn. czasoprzestrzenną strukturą świadomościową, zintegrowanym bytem (przedmiotem reprezentowanym: obiektem, zjawiskiem, zdarzeniem), aktualnie spostrzeganym, czyli zawartym w polu zmysłowym obejmującym sygnały z otoczenia.

Spostrzegając wzrokowo krzesło drewniane, wiemy, że ma ono twarde siedzisko – doznanie, zawarte w minionym doświadczeniu, pochodzącym ze strefy dotyku. Tak więc spostrzeżenie zawarte w strefie aktywności wzrokowej zostało tutaj powiązane z doświadczeniami strefy dotyku. Jeśli wśród krzeseł drewnianych, mimo ich twardości, potrafimy spostrzec krzesła mniej lub bardziej wygodne, oznacza to, że dzięki procesowi percepcji, pozostającemu w konfrontacji z nabytymi doświadczeniami (np. ze strefy dotyku), potrafimy też wartościować przedmioty spostrzegane (byty).

Innymi słowy, percepcja dostarcza nam całościowych struktur czasoprzestrzennych, świadomościowych, na ogół na podłożu polimodalnym, praktycznie realizowanych za pomocą **obrazów psychicznych** danych w spostrzeganiu, które odpowiadają uprzedmiotowionym sytuacjom aktualnie generującym sygnały w polu zmysłowym (np. wzrokowym).

Trzeba też podkreślić, że dane w spostrzeganiu obrazy psychiczne są całościami, zarówno co do treści reprezentowanych, jak i co do form tych treści, którymi są obrazy (nośniki treści). Treści reprezentowane są jednak specyficznie niekompletne (modelowe) w stosunku do sygnałów emitowanych z uprzedmiotowionych konfiguracji otoczenia, gdyż są uwarunkowane zakresami wrażliwości zmysłów i przedziałami zmian czułości (polimodalna podstawa percepcji). Wyodrębnianie treści z obrazów (figur z tła) dokonuje się za pomocą uwagi koncentrycznej, a także z udziałem motywacji, co upoważnia nas do ich określenia

- są pochodnymi percepcji polimodalnej, śladów pamięci, uwagi i motywacji,
- są całościami złożonymi z treści figuratywnych (informacji) i form tych treści, którymi są obrazy (nośniki treści),
- są pierwotnymi uogólnieniami (modelami),
- są czasoprzestrzenną rozciągłością, odpowiadającą uprzedmiotowionemu otoczeniu, łącznie z relacjami,
- są pierwotne przed działaniami, są więc sterownikami działań,
- są obarczone funkcją poznania:
 - generują wyobrażenia z zachowaniem relacji jedno-jednoznacznych, pozostają w związku z psychicznym procesem wizualizacji, polegającej na reprodukcji śladu pamięciowego w postaci obrazowej do powstawania wyobrażeń (nb. rola wizualizacji w myśleniu polega na powstawaniu pojęcia pod wpływem obrazu),
 - stanowią podstawę języka porozumiewania się z zachowaniem relacji wielo-jednoznacznych,
 - stanowią podstawę pozyskiwania pojęć i rozwoju myślenia z zachowaniem relacji jedno-wieloznacznych,
- są podatne na przedstawienia konwencjonalne (np.: symbolika nazwy polega na jej konwencjonalnym (jednolitym) rozumieniu w obrębie jakiegoś języka, symbolika przedstawień graficznych polega na znajomości klucza konwencji itp.).

4. Człowiek – otoczenie

Związek człowieka z otoczeniem w ujęciu czynnościowym jest wyznaczany poprzez relację **działania**, poddawaną determinantom czynności. Ważne dla naszych rozważań są następujące determinanty:

- genetyczna predyspozycja człowieka do spozostregania, orientacji przestrzennej i psychicznego reprezentowania otoczenia (obrazy psychiczne), tzn. do aktywności wobec otoczenia i do wydatkowania pożądananej energii w działaniu: do przemieszczania się, przewidywania, planowania, organizowania działań, porozumiewania się itp.;

- motywacja do aktywności ukierunkowanej (celowej) i zorganizowanej (motywacja do czynności), tzn. podporządkowanej celowi zaspokajania potrzeb (koncepcja), realizowanych za pomocą zadań przedsiębranych; motywacja może być modulowana postawą (filozofią i etyką działania) wobec otoczenia;

- uprzedmiotowione otoczenie (obiekty, zjawiska, zdarzenia – ogólnie byty w świadomościowym kontekście przedmiotowym), pobudzające do umotywowanej aktywności czynnościowej i do naruszania zastanego (pierwotnego) układu: człowiek – otoczenie, powodowanego predyspozycjami człowieka (podmiotu) do aktywności modulowanej do harmonijnego działania wobec otoczenia (przedmiotu), zgodnie z prawami natury (ładu przyrody), albo do działań naruszających te prawa, powodowanych wyłącznie pragmatyzmem (wszechwładnym antropocentryzmem);

- uwaga nadzorująca działania; uwaga selektywna (koncentrująca), powodująca wyodrębnianie przebiegu czynności przyporządkowanemu celowi (li tylko temu określonymu); uwaga kontrolna poprzez porównywanie rzeczywistego przebiegu czynności z przebiegiem zamierzonym, przyporządkowanym celowi, jako błąd rozbieżności między realnym wynikiem a wytkniętym celem; uwaga oddziałująca aktywnie wobec zmiennych w czasie okoliczności otoczenia, kompensowana adaptacją zmysłów dla utrzymania celu przebiegu czynności;

- nabyte doświadczenia celowe jako następstwo przyjętych motywacji i filozofii działania wobec otoczenia; nabywanie doświadczeń celowych i eliminowanie działań nieskutecznych jest czynnością uczenia się i podstawą generowania działań twórczych, zawartych w programach przedsiębranych zadań umotywowanych; nabyte doświadczenia celowe i towarzyszące im doświadczenia uboczne są razem gromadzone w pamięci i jako takie mają wpływ na relację działania; wspólnotowe gromadzenie doświadczeń celowych generuje społeczność kulturowe, rozwój kultur i cywilizacji.

Przyjęcie zastanego układu: człowiek – otoczenie wraz z biblijnym przesłaniem *...czyńcie ziemię sobie poddaną...*, ujawnia nam w relacji działania – poprzez tę duchową inspirację – genetyczne znaczenie predyspozycji człowieka do umotywowanej

w wyniku psychicznych operacji transformacyjno-poznawczych, kojarzonych z pamięcią i uwagą, stają się obrazami, a następnie pojęciami nazywanymi, stanowiącymi odpowiedniki przedmiotów rzeczywistych. Znając przy tym systemową złożoność funkcjonowania organizmu człowieka jako zintegrowanej struktury somatycznej, psychicznej i umysłowej, właściwe jest przyjęcie za punkt wyjścia do dalszych rozważań pierwotnego stanu świadomości i związanie go z aktywnością człowieka prehistorycznego, jakim był *homo erectus*.

Wyznaczanie stanu świadomości człowieka prehistorycznego wydaje się jednak bardzo problematyczne, zważywszy na czasoprzestrzenną rozpiętość jego aktywności, zawartą w setkach tysięcy lat przed n. Ch. Mimo tej zdałoby się niewyznaczalności, zmierzmy się, poprzez dedukcję, z tą frapującą kwestią. Do takiego postępowania upoważniają nas zachowane do dzisiaj ślady działalności człowieka prehistorycznego, utrwalone w postaci usytuowania siedlisk czy chociażby rysunków (rytów) naskalnych.

Oto wybrany opis literaturowy dotyczący jednego z najstarszych siedlisk jaskiniowych w Europie, jaskini Caune d' Arago koło Tautavel w Pirenejach francuskich, pochodzącego z ok. 450 000 lat przed n. Ch.:

*Siedlisko..., gdzie odkryto czaszkę homo erectus, usytuowane jest wyjątkowo malowniczo, na niewysokim wapiennym zboczu, skąd rozciąga się dziś piękny widok na rozległą dolinę rzeki, pociętą siatką winnic. Jednak nie piękno krajobrazu, lecz dostęp do wody oraz walory obronne miejsca położonego u szczytu skalnego urwiska przyciągały tutaj naszych praprzodków. Sprawia ono wrażenie przytulnego i bezpiecznego siedliska. Dolina, objęta ze wszystkich stron „ramionami” pasm wzgórz, jest zamkniętym dla siebie mikroświatem, dokładnie kontrolowanym z owej jaskini. Życie toczyło się tutaj zapewne nad samym brzegiem strumienia, gdzie dziś biwakują archeolodzy, a wyżej położona jaskinia dawała schronienie w sytuacjach zagrożenia i w okresie zlodowaceń. Sąsiednie zbocza, zamykające dolinę, pocięte są wieloma otworami wylotów jaskini *)*, (ryc. 2).

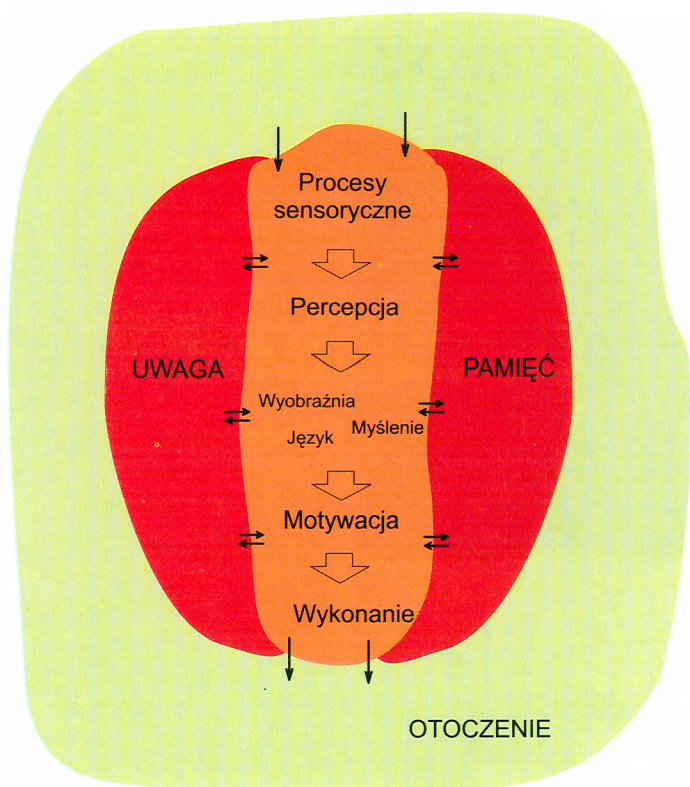
*) Tobolczyk M.: *Narodziny architektury*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 40-42

Studując przytoczony opis oraz inne podobne opisy siedlisk, dotyczące aktywności człowieka prehistorycznego, nasuwa się następująca, nieodparta refleksja: prehistoryczna świadomość formowała się pod wpływem ładu przyrody, tzn. praktycznego doświadczania praw i przejawów tych praw, zachodzących w zjawiskach przyrodniczych, które człowiek rozumiał lub intuicyjnie odgadywał, wykorzystując je następnie w umotywowanych działaniach (wykrywania i zaspokajania potrzeb). Dysponując nabytymi doświadczeniami celowymi i ucząc się dzięki nim, pozyskiwał wiedzę, którą, za sprawą odnawialnej dynamiki czynności, pomnażał o nowe doświadczenia i tym samym rozwijał zdolność myślenia.

Tak więc pierwotny stan świadomości, związany z aktywnością człowieka prehistorycznego, można uznać, nie popełniając błędów, za **wyjściową podstawę historycznego rozwoju człowieka (*homo sapiens*, młodszy paleolit – wczesna starożytność)**, dodajmy, podstawę uformowaną z udziałem niezmienników, wcześniej omówionych. Stan pierwotny jest więc stanem zastanym, zasobnym w odpowiednio już nagromadzoną wiedzę, ożywioną myśleniem. W kształtowaniu stanu pierwotnego nie można jednak pominąć wpływu motywacji do zakładania siedlisk i ich przemyślnego sytuowania. Siedlisk, które, w dzisiejszej ocenie podjętych wtedy motywów, należy rozumieć jako realizację miejsc zorganizowanych, zapewniających poczucie bezpiecznego życia we wspólnocie, międzyludzkiego komunikowania się (mowa artykułowana), zapewniających możliwości rozwijania duchowych i materialnych postaci życia – tworzenia kultur (ogień, pożywienie, narzędzia, ubrania, ryty naskalne, ozdoby), a tym samym wypracowywania postaw intelektualnych, czyli budowania trwałych zrębów pod przyszły rozwój cywilizacji, jak dzisiaj doświadczamy, wybitnie antropocentrycznej, jako dominującej w świecie.

Wyznaczanie miejsc na siedliska wobec tylu funkcji do spełnienia, bądź mających się spełnić i w większości z pewnością jeszcze wtedy nieświadomych, nie mogło być przypadkowe i nie powstało *ad hoc*.

Przypuśćmy więc, że wybór miejsca na siedlisko to była zorientowana penetracja otoczenia, długotrwała w czasie, zamierzona według zadanych motywacji



Ryc. 1. Zależności podstawowych form aktywności psychicznej, wywołane potrzebami działań człowieka wobec otoczenia.

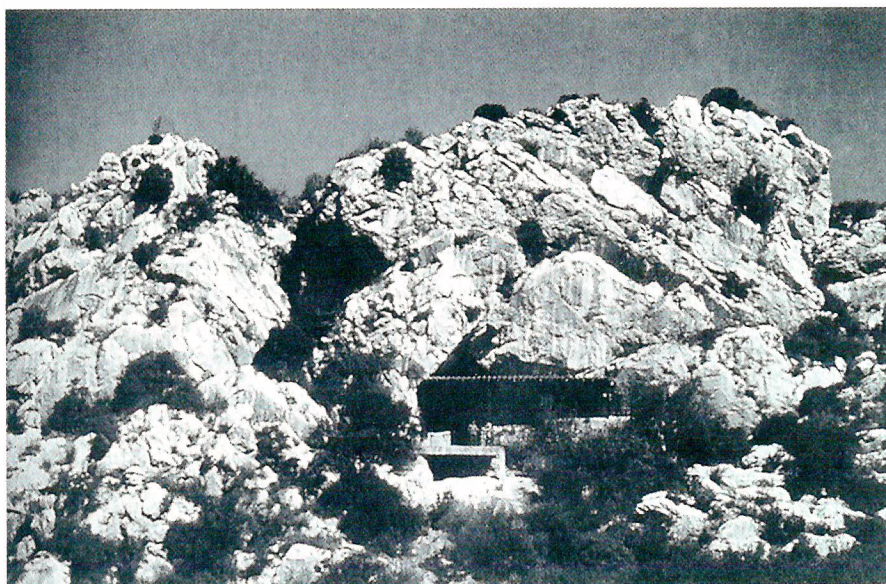
wg Młotkowski Jan, Aktywność wizualna człowieka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998.

Fig. 1. Dependences of basic forms of psychic activities evoked the necessities of actions of a man with relation to the surroundings.

after: Młotkowski Jan, Aktywność wizualna człowieka, ed. Wydawnictwo Naukowe PWN Warsaw, 1998.

Ryc. 2. Jedno z najstarszych siedlisk: jaskinia Caune d'Arago koło Tautavel w Pirenejach francuskich, pochodząca z ok. 450 000 lat przed n. Ch. Siedlisko, gdzie odkryto czaszkę homo erectus. źródło: Tobolczyk M.: Narodziny architektury, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, str. 40-42.

Fig. 2. One of the oldest seats, the Caune d'Arago cave, near Tautavel in French Pyrenees, dated about 450 000 BC. Homo erectus skull was discovered in that seat. after Tobolczyk M.: Narodziny architektury ed. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000, pp. 40-42.



ocenić ją jako stromą, rozciągniętą, płaską itp., kształt poprzez stosunki jego części i wielkość poprzez jej stosunek do umownej jednostki, np. własnego wzrostu, razem w ocenie wspomaganie nabytymi doświadczeniami (pamięcią) i uwagą nadzorującą. Spostrzeganie, pamięć i uwaga w przestrzennym wyznaczaniu przedmiotów i ich relacji są właściwie nierozłączne, tak jak nierozłączne w spostrzeganiu pozostają zmysły (modalności): wzroku, kinestezji, czucia skórno (temperatura, dotyk, ból, ucisk), słuchu, węchu, smaku i inne, aktywizujące się w synergetycznym związku działania, jednak z dominacją widzenia i odpowiednio pozostałych: ruchu, dotyku, czucia temperatury, słuchu, itd. w postępowaniu poznawczym otoczenia.

Zmiana położenia człowieka (układu odniesienia) wobec wyznaczanych przestrzennie przedmiotów prowadzi do ich rozpoznawania, tzn. do porównywania wyznaczonych uprzednio treści (wzoru) z obrazami zmysłowymi wywołanymi tą zmianą. Identyfikacja, a następnie akceptacja wzajemnego podobieństwa upewnia człowieka co do tożsamości spostrzeganych przedmiotów i w konsekwencji takiego postępowania do niemal natychmiastowego scalania tych sukcesywnych spostrzeżeń (odpowiadających zasięgom nakładających się pól spostrzeżeniowych) w ciągłość poznania tej uprzedmiotowionej złożoności przestrzennej obszaru, stanowiącego przedmiot penetracji człowieka (np. poznanie obszaru obejmującego jaskinię *Caune d'Arago*). Jest to współczesna analogia do wykonywania równoległych szeregów zdjęć lotniczych o dużym pokryciu wzajemnym.

Poznane otoczenie, dzięki **myśleniu produktywnemu** wspomaganemu pamięcią, tworzy teraz zawarty w umyśle model uprzedmiotowionego otoczenia. Tym samym człowiek prehistoryczny *objął we władanie* poznany obszar, powiedzmy, tak rozległy w czasie, jak całodzienny marsz od i do umiejscowionego siedliska (lokalny wycinek czasoprzestrzeni geograficznej wyznaczony promieniem marszruty). Niezbędne stało się wówczas orientowanie w otoczeniu, które z pewnością polegało na kierowaniu się rozpoznawalnymi przedmiotami, kojarzonymi ze śladami pamięciowymi poprzednich spostrzeżeń (a więc już ze znanymi znakami) i danymi w spostrzeganiu sukcesywnym, wzrokowym,

by na ich podstawie zachować wytyczony kierunek działania.

W następstwie tego rodzaju postępowania, w miarę pogłębiania się działań rutynowych pojawia się swego rodzaju podświadomość w postaci nawyków przemieszczania się w znanym otoczeniu.

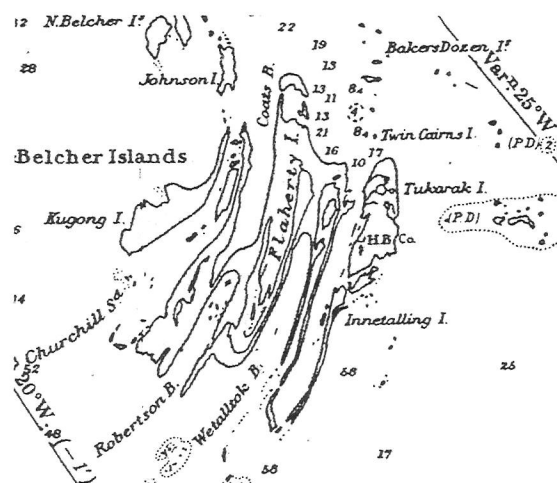
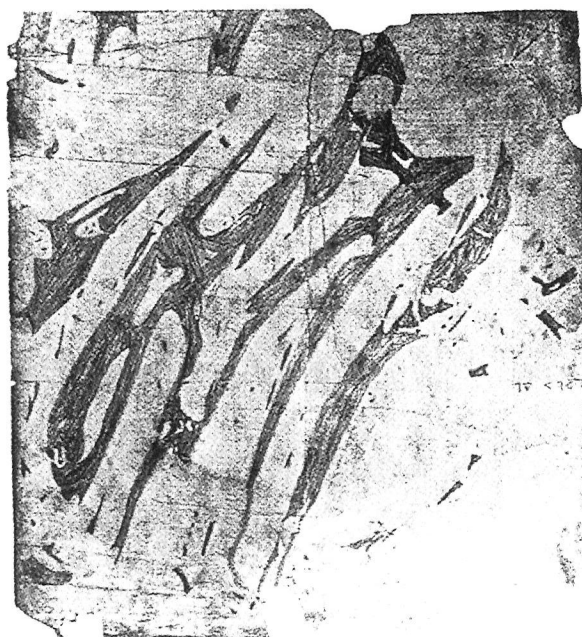
Nie należy też zapominać o naturalnym układzie orientacyjnym, o wschodach i zachodach Słońca, a także o jego zenitalnych położeniach i zawartym w człowieku równie naturalnym układzie statycznym: pionu i poziomym, pomocnym w określaniu względnej wysokości tarczy słonecznej nad widzianym horyzontem. Podobnie jak nie należy zapominać o wzrokowym spostrzeganiu nocnego nieboskłonu: ruchu Księżyca i zmiennych położen gwiazdozbiorów względem *nieruchomej* Gwiazdy Polarnej, wyznaczającej kierunek północny. W ten sposób model obszaru, zawarty w świadomości człowieka prehistorycznego, został wyposażony w naturalną orientację ogólną, ale i czasową (zmiany położenia ciał niebieskich jako mierniki czasu, odpowiedniki zegara i kalendarza), (ryc. 3).

5. Psychiczna mapa przestrzenna

Przechodząc od dywagacji prawdopodobnych do wyznaczonej w rozwoju historycznym naszych przaprzodków pozycji *homo sapiens* – człowieka rozumnego (ok. 15 000 przed n. Ch.), obdarzonego aktywnością do działań właściwą już człowiekowi współczesnemu, stwierdzamy, że zakładając siedliska, czynił to w sposób rozumnie umotywowany, oddziałujący całościowo na wyobraźnię przestrzenną, podbudowaną próbami wykształcania się mowy artykułowanej i pojęć.

Przedstawiony wcześniej układ funkcjonalny, ukazujący związki podstawowych form aktywności człowieka w postaci spostrzeżeń, podejmowania motywacji i przedsięwzięcia działań, staje się teraz gwarantem dynamiki rozwoju, zaświadczonej retrospekcją kulturowych dokonań.

Równie wcześniej uzasadniona dominująca rola spostrzegania wzrokowego w działaniach pozwala nam teraz na ukazanie jej nadzwyczaj istotnej dla naszych rozważań właściwości: będąc pierwotną przed

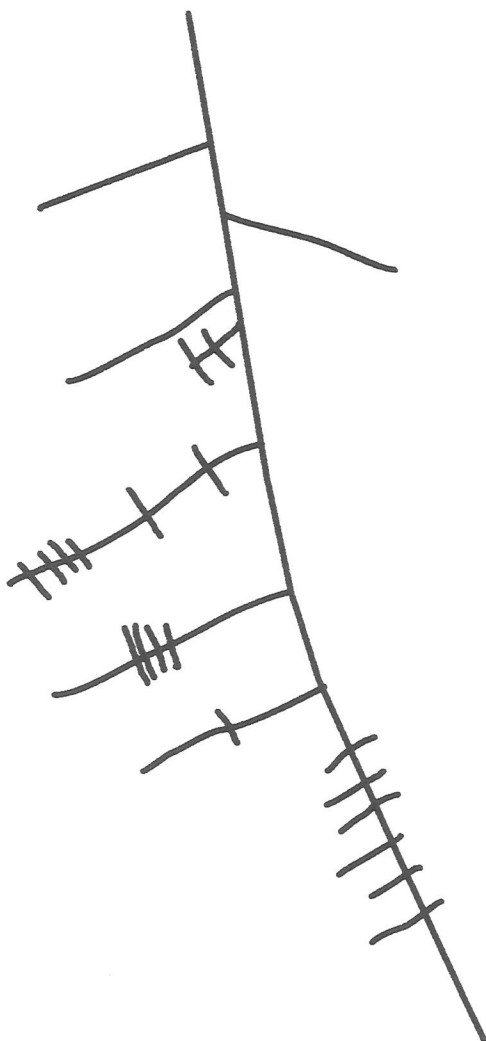


Ryc. 4. Rysunek topograficzny wysp (Belcher Islands) w Zatoce Hudsona wykonany ołówkiem przez Eskimosa nazwiskiem Wetalltok (ok. 1895), jako bardziej dokładny niż przedstawienie na mapie hydrograficznej z tamtego okresu. Jest to przykład oddziaływania psychicznej mapy przestrzennej.

źródło: Harvey P. D. A.: The History of Topographical Maps, wyd. Thanes and Hudson, London 1980.

Fig. 4. A topographic pencil drawing of the Belcher Islands in Hudson Bay by Eskimo Wetalltok (about 1895) as more accurate than it has been represented on the hydrographic map elaborated in that term. There is an example of the psychic spatial map action.

after: Harvey P. D. A.: The History of Topographical Maps, ed. Thanes and Hudson, London 1980.



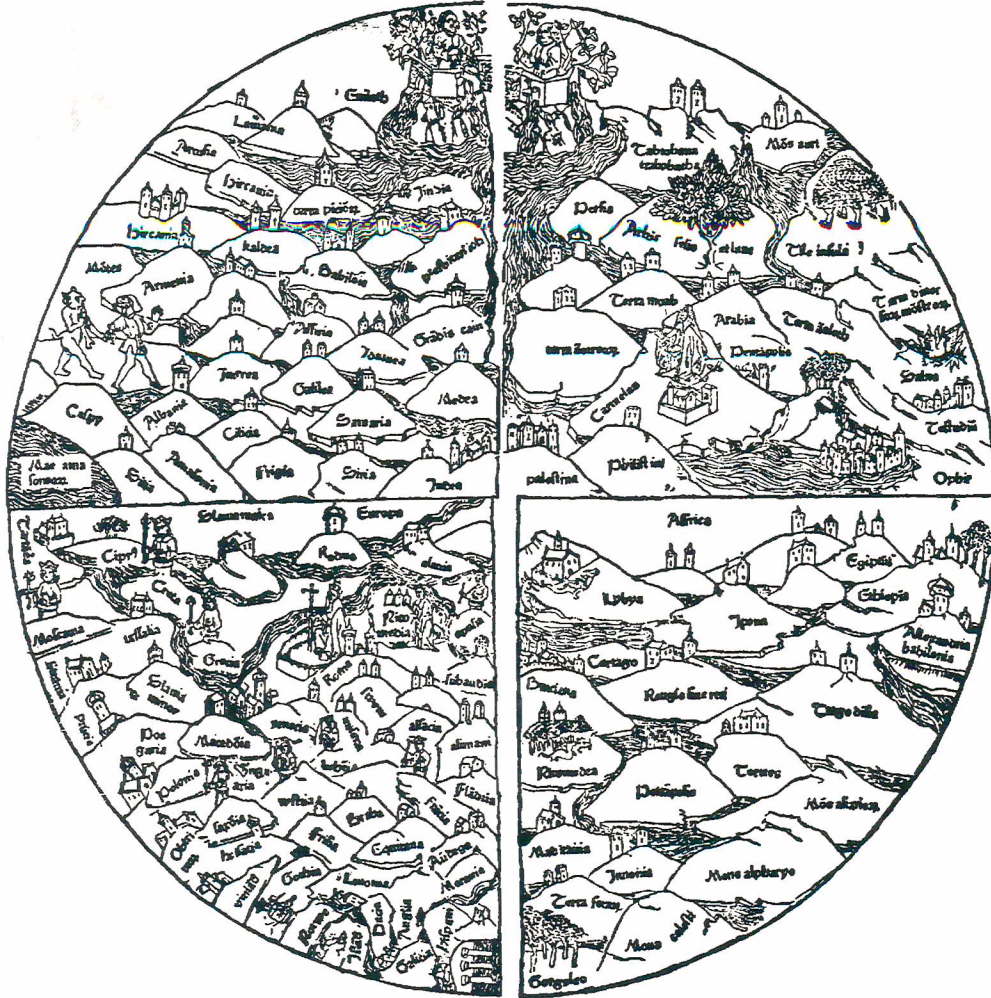
Ryc. 6. Mapa górnego biegu rzeki Xingu River w Brazylii, rysowana na piasku przez jednego z plemienia Suya dla podróżnika Karola von den Stienena (1884). Kreski poprzeczne do biegu rzek oznaczają wioski plemienne. Nazwy wiosek były wypowiedzane, a nie pisane. Zaskakująca zgodność przestrzennego umiejscowienia wiosek z nadaniem im właściwych nazw. Jest to przykład psychicznej mapy przestrzennej.

źródło: Harvey P. D. A.: The History of Topographical Maps, wyd. Thanes and Hudson, London 1980.

Fig. 6. A map of the upper Xingu River in Brasil, this was drawn in sand by one of the Suya tribe for the German explorer Karol von den Stienen (1884). Cross strokes to rivers' directions represent tribal hamlets. The names were spoken not written. It is the surprising coincidence between that spatial located hamlets and their proper names. This example represents the psychic spatial map idea. after Harvey P. D. A.: The history of Topographical Maps, ed. Thanes and Hudson, London, 1980.

6. *Tria iuncta in uno*

Trzeba przyznać, że konceptualna formacja psychicznej mapy przestrzennej, pierwotnej w historycznym rozwoju map, jest bardzo przejrzysta w swej strukturze. Jako reprezentacja uprzedmiotowionego otoczenia powstała bowiem z potrzeb umotywowanych – celowych, zrealizowanych dzięki genetycznym predyspozycjom człowieka i w rezultacie jego aktywności psychicznej, pobudzającej podstawowe procesy przetwarzania sygnałów w obrazy. Z tych obrazów i ich relacji jest scalana mapa, a każdy z kolei obraz psychiczny niesie ze sobą treść (informację obrazową) i formę tej treści, czyli obraz (nośnik informacji). Wyodrębniane treści są jednak swoistymi uogólnieniami w stosunku do treści rzeczywistych. Wynikają one bowiem z wrażliwości i czułości receptorów, a także z koncentrycznego działania uwagi modyfikowanej motywacjami. To uogólnienie ma charakter modelowy, czyniąc zarazem z informacji obrazowej swoisty model, tak jak z formy tego modelu (obrazu) czynimy nośnik informacji, dany następnie w spostrzeganiu i dogodny dla osobnika o podobnej wrażliwości i czułości sensorycznej, i podobnych motywacjach. We wzajemnym rozpoznawaniu się obraz staje się wówczas przekazem informacji. Natomiast obraz psychiczny jako spostrzegana całość powstaje systemowo, gdyż jest rezultatem celowo umotywowanej aktywności zintegrowanych struktur człowieka: somatycznej, psychicznej i umysłowej i interakcji w czasoprzestrzennym układzie: człowiek – otoczenie. Psychiczna mapa przestrzenna jest więc **całością** (*tria iuncta in uno**) złożoną z **systemu** (cel), **modelu** (informacja) i **obrazu** (przekaz). Jest to spójna struktura **pierwotna**, ukazana tutaj w nieskazitelnej postaci. Jej interpretacja mówi nam również, że **mapa jest całością informacyjną**, zawartą przede wszystkim w koncepcji, tzn. mapa nie może być tylko systemem, tylko modelem i tylko obrazem. Uznając pośrednictwo informacji w relacji działań: człowiek – otoczenie, powiemy teraz, że koncepcja mapy daje właściwą podstawę do przedsięwzięcia wszelkich umotywowanych zadań kulturowych. Uwzględniając psychikę człowieka, oznacza to także, że te wszelkie przedsięwzięte zadania



Ryc. 9. Mapa świata, pierwsza drukowana, nie pochodząca ze źródeł wcześniejszych, opracowana przez Lucasa Brandissa, 1475, Lubecka, zawarta w *Rudimentum novitiorum*.

źródło: Woodward David, *Five centuries of map printing*. The University of Chicago Press, Chicago, London 1975.

Fig. 9. The first printed world map, not derived from anterior sources by Lucas Brandiss, 1475, Lubeck, as the World map contained in *Rudimentum novitiorum*.

after: Woodward David, *Five centuries of map printing*. The University of Chicago Press, Chicago, London 1975.

7. Wnioski

7.1. Przedstawione studium ontogenezy mapy, wpisane w czasoprzestrzenny układ: człowiek - otoczenie, zostało rozwinięte z podmiotowej pozycji człowieka wobec uprzedmiotowionego otoczenia jako źródła wzbudzania i zaspokajania potrzeb człowieka (duchowych i materialnych). Tak też została ukazana, wpisana w układ, naturalna relacja działania, wywoływana genetycznymi predyspozycjami człowieka do aktywności celowej i zorganizowanej, czyli umotywowanej, a w swej istocie systemowej, tzn. podporządkowanej celowi zawartemu w myśleniu motywacyjnym rozpoznawania bądź zaspokajania potrzeb, realizowanych za pomocą zadań przedsięwziętych wobec otoczenia.

Ten tok działania nie byłby jednak możliwy bez zaistnienia **informacji**, która, jak już wiemy, pośredniczy, występując w roli sterownika, we wszelkich celowo przedsięwziętych zadaniach w rzeczonym układzie. Należy podkreślić, że ta rola informacji nie jest kategorią historyczną, mimo ewolucji postaci samej informacji (figuratywna, słowna, abstrakcyjna, etc.), gdyż wynika ona z genetycznych predyspozycji człowieka i dlatego też jest tak podstawowo znacząca w dynamice cywilizacyjnego rozwoju ludzkości. Jest bowiem nieodzownym składnikiem decyzji podejmowanych we wszelkich przejawach aktywności czasoprzestrzennej – geograficznej.

W sumującym rozważaniu studium ontogenezy mapy zostały również ujawnione prolegomena do definicji pojęcia mapy, które zamierzamy tutaj przedstawić w kilku istotnych stwierdzeniach:

- ontogeneza mapy wskazuje, że jest ona zawsze rezultatem predyspozycji człowieka do aktywności umotywowanej, celowej wobec otoczenia;
- mapa jest pierwotna w relacji do wszelkich przedsięwziętych zadań celowych wobec otoczenia, jest ich sterownikiem, co wynika z pośredniczącej roli informacji: rozwiązywanie zadań następuje poprzez *myślenie mapą*;
- mapa posiada koncepcję: cel i przeznaczenie, wynikające z motywacji do działań wobec otoczenia, jej konceptualna formacja jest systemowa;

- mapa jest całością informacyjną zawartą w koncepcji i złożoną z systemu (cel), modelu (informacja) i obrazu (przekaz);
- mapa ma strukturę pojęciową i relacyjną, modelowaną poprzez uogólnienia, a realizowaną poprzez systemowe formalizmy metodyczne, zapewniające m.in. geometryczną i topologiczną poprawność odniesień przestrzennych;
- mapa jest wytworem psychiki i intelektu, nie jest więc przypisana do materii nośnika;
- wprowadzenie języka naturalnego (nazw) do mapy tworzy zeń naturalny układ odniesień przestrzennych;
- materia nośnika mapy (przekazu) jest kształtowana systemowo, za pomocą formalizmów metodycznych i psychofizycznie, dla zachowania jednoznaczności odbioru informacji;
- fizyczna postać mapy (materialna) jest *wehikułem* wyobraźni (obraz psychiczny) podczas dostarczania **geoinformacji**.

7.2. Refleksja kończąca rozważania, odniesiona do współczesności

Kojarzenie mapy z modelem wydaje się oczywiste, trudniejsze jest wiązanie mapy z systemem, zwłaszcza z systemem informacji geograficznej, którego produktem pochodnym jest mapa (?!), natomiast kojarzenie mapy jedynie z obrazem jest, wbrew pozorom, wprost błędne i trudne do uświadomienia, nośnikiem informacji są bowiem pojęcia, a nie papier pokryty grafiką.

Dbajmy zatem o mapę jako utwór całościowy, stanowiący puściznę dziedzictwa kulturowego, zawartego w duchowym i materialnym dorobku ludzkości. By pozostała sterownikiem działań umotywowanych celowo.

Przesunięcie informacji z nośnika formy obrazowej do abstrakcyjnej, pojęciowej, dzisiaj tworzy okazję, dzięki możliwościom technologicznym, informatycznym, przysporzenia mapie jako *tria iuncta in uno* własności dynamicznych, tzn. dynamiki systemowej (zachowanie celu przy zmienności struktury w czasie), dynamicznego modelowania (temporalne generalizowanie) i dynamicznej (animowanej) prezentacji.

SŁAWOMIR MIKRUT, KRYSZTOF PYKA, JÓZEF JACHIMSKI¹

WSPÓŁCZESNE TENDENCJE W ZAKRESIE KOMPRESJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH I OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH

Słowa kluczowe:

kompresja, JPEG, zdjęcia lotnicze, satelitarne

Abstrakt

W artykule przedstawiono współczesne tendencje w obszarze kompresji obrazów cyfrowych. Podano wady i zalety poszczególnych metod kompresji: JPEG, falkowej i fraktalnej. Podano istotne różnice w podejściu do poszczególnych metod. Materiał badawczy obejmuje kompresje zdjęć lotniczych i zobrażeń satelitarnych za pomocą standardów JPEG, JPEG 2000 oraz metody falkowej ECW. Testy zostały przeprowadzone na wybranych zdjęciach lotniczych oraz zobrażeniach satelitarnych. Wyniki badań pokazują, że stopień kompresji zależy od skali zdjęcia oraz tekstury obrazu występującej na nim. W artykule zastosowano różne miary oceny straty jakości na obrazach po kompresji w odniesieniu do obrazów niedegradowanych.

THE PRESENT TIME TENDENCIES IN THE AREA OF AIRPHOTO AND REMOTE SENSING IMAGERY COMPRESSION

Key words:

compression, JPEG, aerial and satellite images

Abstract

In this paper actual tendencies in area of image compression are presented. The advantages and disadvantages of particular compression methods such as: JPEG, wavelet and fractal are given. There are also discussed essential differences in presented methods of image compression. The tests were performed on selected aerial and satellite images using following compressions: JPEG, JPEG2000, and wavelet ECW. The results show, that compression ratio is dependent on scale of image and image texture. In this paper different *estimated measures of quality loss* on images after compression, with reference to not-compressed images, have been used.

¹Akademia Górniczo - Hutnicza, Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Kraków

osobna. Poziom szczegółowości w obrazie nie musi być wówczas stały, a wielkość fragmentów obrazu o określonej teksturze może być różna. W odróżnieniu do metod fourierowskich, falki pozwalają na rozdzielanie danych sygnału wejściowego nie tylko ze względu na radiometrię, ale również ze względu na charakter tekstury. Objawia się to tym, że metody fourierowskie są idealne dla obrazów o tonacji ciągłej, podczas gdy kompresja falkowa jest efektywniejsza dla sygnałów wejściowych charakteryzujących się ostrymi impulsami. Dyskretna transformata falkowa - DWT (ang. *Discrete Wavelet Transform*) bazuje na sukcesywnym konstruowaniu serii subobrazów, o dwukrotnie zredukowanej skali (rozdzielczości). Obraz podzielony zostaje na cztery kwadraty reprezentowane przez nowe, odpowiednio dobrane równania falkowe. Wynik każdej serii zawiera cztery obrazy, trzy zawierają wysokoczęstotliwościowe informacje zorientowane w poziomie, pionie i po skosie, podczas gdy czwarty obraz zawiera informacje zapisane na niskich częstotliwościach. Reprezentacja w postaci subobrazów jest w pełni ekwiwalentna w stosunku do obrazu oryginalnego, odwrócenie procesu powoduje powrót do informacji źródłowej. W rozwiązaniu stratnym trzy obrazy wysokoczęstotliwościowe są eliminowane, a transformacja jest powtarzana ponownie, ale już tylko na niskoczęstotliwościowym obrazie. Poprzez wykorzystanie progowania, współczynniki o zmiennych rzeczywistych są zamieniane na wartości całkowite. Jest to proces kwantyzacji, który stanowi utratę informacji (etap stratny kompresji). Liczba bitów potrzebnych do reprezentowania każdego współczynnika jest redukowana poprzez binaryzację. Szerszy opis kompresji falkowej można znaleźć w literaturze (Skarbek 1998), (Kiema, 2000).


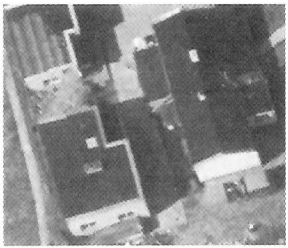
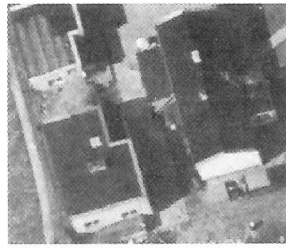



Pod koniec lat osiemdziesiątych rozpoczęto prace związane z wykorzystaniem transformacji falkowej do reprezentacji obrazów (Mallat 1989). Algorytm Mallata dekomponuje obraz na cztery obrazy składowe, przy czym każda składowa ma rozmiar równy jednej czwartej obrazu pierwotnego (czyli ma rozdzielczość dwa razy mniejszą niż dekomponowany obraz). Każda składowa może być następnie dekomponowana w ten sam sposób, przez co powstaje reprezentacja

na wielu poziomach rozdzielczości. Każdorazowe rozłożenie na obrazy składowe odbywa się na drodze zwykłego filtrowania dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego. Filtrując dolnoprzepustowo w pierwszej kolejności wiersze, a następnie kolumny, przy równoczesnym dwukrotnym zmniejszeniu liczby wierszy i kolumn, tworzy się obraz zwany LL (low-low). Kolejne dwa obrazy powstają w rezultacie splotu filtrów dolnoprzepustowego i górnoprzepustowego, w zależności od zastosowanej kolejności filtracji obrazy zwane są odpowiednio LH (low-high) i HL (high-low). Czwarty komponent jest rezultatem filtrowania górnoprzepustowego wierszy i kolumn HH (high-high). Odwrotna transformacja rekonstruuje obraz bez zniekształceń. Jednakże, jeśli po dekompozycji na obrazy składowe dokonamy modyfikacji tych obrazów, np. przez obcięcie współczynników o niskich wartościach, to odwrotna transformacja takich obrazów da nam w rezultacie obraz zdeformowany. Niemniej szczególne własności składowych obrazów LL, LH, HL, HH pozwalają usunąć mało istotne wartości przekształcenia, dzięki czemu rekonstruowany obraz różni się bardzo niewiele od oryginału. Zaproponowana przez Mallata strategia wykorzystania transformacji falkowej do reprezentacji obrazów została z powodzeniem zastosowana do kompresji obrazów cyfrowych.

Realizacja cyfrowej transformacji falkowej (DWT – Discrete Wavelet Transform) może być wykonana na kilka sposobów (Saha 1999), ale najwydajniejsza jest metoda zaproponowana przez Shapiro, która zawiera kodowanie falkowe z wykorzystaniem drzewa zerowego (Zerotree Wavelet Coding) (Shapiro 1993).

Podobnie jak w metodzie JPEG, kompresja ma miejsce na etapie kwantyzacji, w czasie rekonstrukcji obrazu, kiedy niektóre elementy ulegają uproszczeniu, głównie wysokie częstotliwości (Vetterli 1995).

Obecnie istnieją dwa technologiczne rozwiązania kompresji oparte na metodzie falkowej: JPEG2000, oraz otwarty standard ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

JPEG	JPEG 2000	ECW
Kompresja 5:1		
		
Kompresja 10:1		
		

Ryc. 1. Kompresja obrazu za pomocą trzech metod: JPEG, JPEG 2000 oraz ECW przy dwóch różnych stopniach kompresji 5 : 1 oraz 10 : 1.

Fig. 1. Compression of image by JPEG, JPEG 2000 and ECW metod with compression ratio 5 : 1 and 10 : 1.

wany jako system kodowy dla różnego typu danych rastrowych (binarnych, półtonalnych, kolorowych oraz wielospektralnych komponentów) o zróżnicowanej charakterystyce spektralnej (np. medyczne) i miał być bardziej efektywny niż wcześniejszy standard JPEG. Zasadniczą różnicą pomiędzy standardami JPEG a JPEG2000 jest rodzaj transformacji zastosowanej do kompresji. O ile w JPEG do kompresji wykorzystano metodę DCT, to w JPEG2000 kodowanie oparto na transformacie falkowej DWT, analogicznie jak w przypadku kompresji ECW. Kompresor JPEG2000 dzieli powierzchnię obrazu na części. Transformata falkowa jest wykorzystywana niezależnie dla każdej części. Małe rozmiary części przeznaczone są głównie do aplikacji, które w jednym czasie wymagają dostępu jedynie dla niewielkich części obrazu, duże zaś dają łatwy dostęp do dużych części obrazu. JPEG 2000, bazując na dyskretnej transformacji falkowej, dzieli obraz oryginalny na mniejsze części, a współczynniki falkowe (podobnie jak współczynniki transformacji DCT) podlegają kwantyzacji i są grupowane w regularne bloki. Po procesie kwantyzacji następuje osobne kodowanie w obrębie każdego podbloku (ang. *sub-band*). Każdy podblok jest dzielony na regularne bloki zwane blokami kodowymi JPEG2000 (ang. *code-bloks in JPEG2000*). Typowa wielkość bloków to 64 na 64 piksele.

2.3. Metody fraktalne

Kompresja fraktalna jako metoda w pełni automatyczna powstała w końcu lat osiemdziesiątych. Jej istota sprowadza się do konstrukcji dla danego obrazu tzw. operatora fraktalnego, działającego w przestrzeni obrazów. Wynikiem jest słownik zawierający najczęściej pojawiające się wzorce teksturalne. Punkt stały tego operatora dobrze przybliża obraz oryginalny. Konstrukcja operatora fraktalnego jest bardzo czasochłonna. Pod tym względem ustępuje koderowi metody JPEG.

Kompresja fraktalna należy do klasy metod asymetrycznych, tzn. koder wymaga dużo większego nakładu obliczeń niż dekodek. Po zastosowaniu operatora fraktalnego otrzymujemy obraz, którego piksele mają

wartości rzeczywiste. W celu zmniejszenia zapotrzebowania na pamięć, wartości te są zaokrąglane do wartości całkowitych z przedziału [0, 255]. Szerszy opis metod kompresji fraktalnej, głównie w ujęciu matematycznym, można znaleźć w literaturze (Skarbek 1998).

3. PRZYKŁADY

W przykładach wykorzystano fragmenty zdjęć lotniczych oraz satelitarnych, zarówno kolorowe, jak i monochromatyczne.

3.1. Eksperymenty na zdjęciach lotniczych

Oceny degradacji jakości obrazów można dokonać wizualnie lub analitycznie. Ocenę wizualną stosujemy z reguły wówczas, gdy interesuje nas głównie jakość radiometryczna zdjęć (np. do celów interpretacyjnych, zastosowań internetowych, publikacyjnych). W przypadku zastosowań typowo fotografometrycznych, ocena musi być dokonana bardziej niezależnie. Stosuje się wówczas różne miary straty jakości, oparte głównie na analizach statystycznych (Pyka i in. 2000; Mikrut 2002).

Poniżej przedstawiono porównanie trzech metod: standardowej – JPEG, JPEG 2000 oraz ECW, wykonanej dla zdjęć monochromatycznych zrobionych w skali 1:10 000.

Na przedstawionych przykładach (ryc. 1 i 2) widać wyraźnie, że wraz ze wzrostem stopnia kompresji degradacja obrazu staje się coraz bardziej widoczna. Widoczna jest również różnica pomiędzy poszczególnymi metodami. Na obrazach kompresowanych metodą JPEG coraz bardziej widoczna staje się struktura blokowa (8 na 8 pikseli). Po kompresji JPEG2000 degradacja ujawnia się podobnie, widoczny jest podział obrazu na poszczególne bloki, jednak pojawiają się one bardziej w obrębie poszczególnych homogenicznych obiektów obrazu (np. dach budynku), a nie mają struktury stałej (jak w JPEG 8 na 8 pikseli). Kompresja ECW ujawnia natomiast również blokowy charakter kompresji,

Tab. 3. Zestawienie tabelaryczne wielkości plików po kompresji JPEG w [kB] dla poszczególnych kanałów i wybranych wartości Q – obraz „Test 1”.

Tab. 3. The tabular comparison of file size after compression (in [kB]) for particular channels and Q value – image „Test 1”.

Q	B [kB]	G [kB]	R [kB]	N [kB]
50	150	228	211	346
75	238	354	328	521
100	1347	1684	1599	2123

Wyniki korelacji świadczą o dużym podobieństwie pomiędzy kanałami widzialnymi (RGB), natomiast widoczna jest mała korelacja w stosunku do kanału podczerwonego. Najlepiej skorelowane kanały to B i G (współczynnik korelacji wynosi 0.9788). Kanał N natomiast najlepiej skorelowany jest z kanałem G (współczynnik korelacji wynosi 0.1015).

Kompresja poszczególnych kanałów

Kompresji poddano wybrane fragmenty obrazu. W tabeli 3 zestawiono wielkości plików dla poszczególnych kanałów i stopni kompresji dla jednego z obszarów (Test 1).

W powyższych zestawieniach wynika, że najlepiej kompresował się kanał B, co prowadzi do wniosków, że w kanale tym jest mniej informacji niż w kanałach pozostałych, dlatego że lepiej się kompresuje niż pozostałe, jednocześnie największe objętościowo pliki po kompresji powstały z kanału N oraz G.

Wpływ kompresji na wykrywanie obiektów

W dalszej części badań badano wpływ kompresji na wykrywanie obiektów liniowych i punktowych. W tym celu wykorzystano dwie miary: globalną i punk-

Tab. 4. Zestawienie tabelaryczne współczynników korelacji obliczonych dla obrazu przed kompresją (ORY) oraz po kompresji (dla danego wsp. Q).

Tab. 4. The correlation coefficients calculated for channels of an image before (ORY) and after compression (for particular Q ratio).

Q	B	G	R	N
ORY - 50	0.9732	0.9807	0.9796	0.9759
ORY - 75	0.9841	0.9889	0.9881	0.9861
ORY - 100	0.9996	0.9999	0.9998	0.9999

Tab. 5. Zestawienie współczynników korelacji dla poszczególnych kanałów dla fragmentu obrazu (Test 1).

Tab. 5. The correlation coefficients for particular channels for selected portion of the image (Test 1).

	B	G	R	N
B	1	0.9855	0.9673	-0.0085
G	0.9855	1	0.9822	0.0165
R	0.9673	0.9822	1	0.0774
N	-0.0085	0.0165	0.0774	1

ową (Mikrut 2003).

Miarę globalną (korelację dwóch obrazów) obliczono dla kanałów oryginalnych (ORY) oraz tych zredukowanych do 8 bitów (tab. 4). Z racji tego, że dane zostały zredukowane z 16 do 8 bitów, sprawdzono również współczynniki korelacji dla tych obrazów, porównując je z wynikami z tabeli 1, co utwierdziło autorów w przekonaniu, że proporcje zostały zachowane (tab. 5).

Z tabeli 4 i 5 wynika, że obrazy poddane kompresji JPEG w kanale G najlepiej korelują w obrazem oryginalnym (bez kompresji). Wyniki uzyskane z miary globalnej (korelacja) potwierdzają również eksperymenty prowadzone w programie Feature Extraction Software. Błędy średnie uzyskane dla tego kanału są mniejsze w porównaniu z błędami w pozostałych kanałach (tab. 6). Błędy te zostały wyznaczone jako różnice w położeniu punktu, wykrytego na obrazie oryginalnym (bez kompresji) w stosunku do położenia punktu na obrazie po kompresji. Do lokalizacji z podpixselową dokładnością wybranych punktów użyto algorytmu, wykorzystującego drugą pochodną obrazu cyfrowego zaimplementowaną w oprogramowaniu FES (Mikrut 2002).

Tab. 6. Zestawienie tabelaryczne RMS dla punktu wykrytego z podpixselową dokładnością dla poszczególnych kanałów.

Tab. 6. The RMS error for point extracted with subpixel accuracy for particular channels.

Q	B [piksel]	G [piksel]	R [piksel]	N [piksel]
100	0,543	0,011	0,048	0,041
75	1,801	0,602	1,109	1,066
50	1,703	1,201	1,498	1,097

Wallace G. K., 1991, *The JPEG Still Picture Compression Standard*, Communications of the ACM, 34(4), Washington.

Summary

Since 80-th dominant format of image compression in photogrammetry have been JPEG. Last few years caused prompt development of wavelet method. It has been developed standard JPEG, called: JPEG 2000. There appeared also other competitive compression formats, such as ECW. The visual evaluation shows that the best format is JPEG2000, before JPEG and ECW. The block 8 x 8 pixels visible in standard JPEG were replaced by larger format, and less visible blocks. Wavelet functions at large compression ratio cause some blur on image, but compared to standard JPEG compression, that blur appears in blocks structure not so visible. In experiments also particular channels of multispectral image, and linear and point feature extraction accuracy were tested. The experiments show that the best channel to extract linear and point features it is the green channel. It is also testified by measures used in experiments (global and points), and JPEG compression too, for which images compressed in this channels are larger comparing with others, what means that in this channel there is more information than in others. The comparatively smallest correlation ratio was in the blue channel. Also images compressed in this channel have the largest compression ratio, i.e. have the strongest compression, and we could suppose that in blue channel we have less information than in others.

JAN ROMUALD OŁĘDZKI¹

GEOINFORMATYKA ZINTEGROWANYM NARZĘDZIEM BADAŃ PRZESTRZENNYCH

Słowa kluczowe:

geoinformatyka, teledetekcja, geografia

Abstrakt

Na początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęła się era teledetekcyjnych badań Ziemi, charakteryzująca się olbrzymim przyrostem informacji o naszej planecie. Ich opracowywanie, przetwarzanie i udostępnianie stało się możliwe dzięki dynamicznemu rozwojowi narzędzi komputerowych i ich oprogramowań. Wszystko to doprowadziło do powstania w połowie lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku „geoinformatyki”. Obecnie wydaje się wyraźnie rysować koncepcja geoinformatyki jako płaszczyzny integrującej wiele dziedzin wiedzy o Ziemi i nie można jej odnosić jedynie do systemów informacji geograficznej. „Geoinformatyka” stwarza geografii nowe możliwości precyzyjnej analizy zjawisk przestrzennych, śledzenia ich dynamiki, określania związków między komponentami. W Zakładzie Teledetekcji Środowiska Uniwersytetu Warszawskiego od roku 1996 zrealizowano wiele opracowań, w których integrowano dane teledetekcyjne z danymi innego pochodzenia. Badania te przyczyniły się do opracowania na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego programu nauczania nowej specjalności magisterskiej – „geoinformatyki”. Jej podstawą jest szeroko rozumiana teledetekcja, oprogramowania SIG, relacyjne bazy danych, geodezja, kartografia, modelowanie i geostatystyka.

GEOINFORMATICS - INTEGRATED TOOL OF SPATIAL RESEARCH

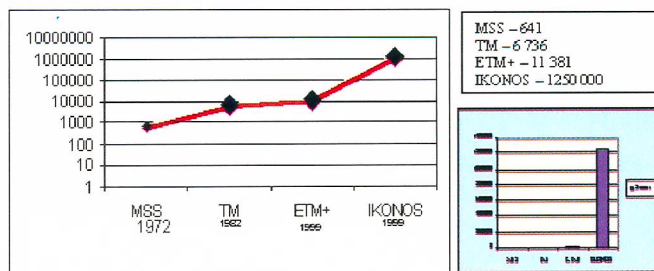
Key words:

geoinformatics, remote sensing, geography

Abstract

The era of remote sensing research of the Earth, characterized by a huge increase of the information about our planet, started in the early 1960s. The temporal, spatial, spectral, and radiometric resolution of the obtained data have increased; the elaboration, processing, and accessibility of the data became possible thanks to the dynamic

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Teledetekcji Środowiska, Warszawa



Ryc. 1. Wzrost rozdzielności danych satelitarnych, wyrażony liczbą pikseli przypadających na 1 km².
 Fig. 1. Increase of the spatial resolution of the satellite data expressed by number of the pixels on 1 km².

Warto również wspomnieć o zwiększającej się częstotliwości powtarzania rejestracji tych samych miejsc. Wykres pokazuje częstotliwość rewizyty satelity w systemie obserwacji nadirowej. Z zastosowaniem ruchomych luster i obserwacjach skośnych powtarzalność ta wielokrotnie wzrasta (ryc. 3).

Ilość uzyskiwanych danych teledetekcyjnych o różnych aspektach środowiska wzrasta więc lawinowo. Trudno sobie wyobrazić opracowanie tych danych prostymi, wizualnymi metodami interpretacji. Należy również brać pod uwagę przyrost informacji o środowisku uzyskiwanych innymi metodami: geodezji satelitarnej (GPS), kartograficznymi, statystycznymi. Te olbrzymie ilości informacji wymagają nowych metod ich opracowania, przetwarzania i udostępniania. I tutaj naprzeciw tym potrzebom wychodzi równie dynamiczny rozwój narzędzi komputerowych i ich oprogramowań. Dane te nie tylko są udostępniane w tradycyjnych postaciach kartograficznych, ale również w innych formach ujmowanych w przestrzeniach wielowymiarowych, dynamicznie w postaci obrazów animacyjnych oraz różnego rodzaju baz danych, wiążących przestrzennie informacje o różnych aspektach środowiska. Stwarza to nie tylko możliwość nowych prezentacji różnych zdarzeń przestrzennych, ale również stwarza okoliczność, w której ilość przechodzi w jakość, generując jakościowo nowe dane przestrzenne.

Technologie dostarczania dużych ilości danych o środowisku, rozwój urządzeń komputerowych i ich oprogramowań przyczyniły się do powstania Systemów Informacji Geograficznej – istotnego składnika geoinformatyki.

Dziedzina, którą obecnie określa się mianem geoinformatyki, pojawiła się przed kilkudziesięciu laty. Jak pojmowana jest GEOINFORMATYKA przez różnych specjalistów?

I tak prof. J. Michalak (Wydział Geologii UW) choć ostrzega, że należy z dużą ostrożnością traktować wszelkie wiadomości o pojawianiu się nowych dyscyplin naukowych, stwierdza, że „...wiele faktów wskazuje, że mamy do czynienia z nową dyscypliną, która uformowała się w obszarze problemów interdyscyplinarnych związanych z Systemami Informacji Geograficznej na styku informatyki i szeroko rozumianych nauk o Ziemi.

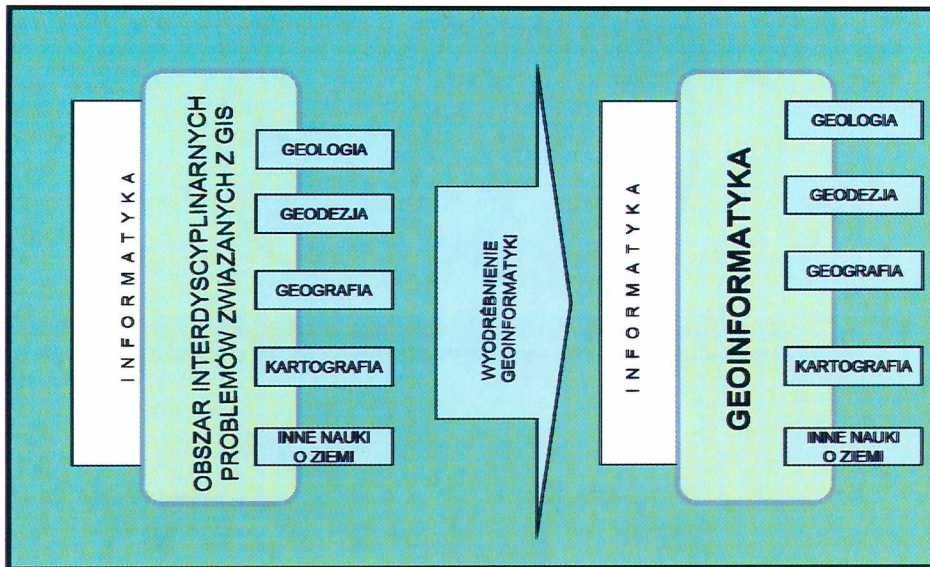
Dyscyplina ta nazywana (przez niego) geomatyką ma własny zakres zagadnień do rozwiązania, a także własne metody badań i zastosowania swoich osiągnięć”. (ryc. 4). Uważa on, że dominacja prac aplikacyjnych nad badawczymi, co często towarzyszy nowym dyscyplinom, nie sprzyja rozwojowi tych ostatnich. Zauważa to w odniesieniu do nauk geologicznych. Można również stwierdzić, że to samo obserwujemy w odniesieniu do geografii, która własne pole badań bez znaczącego wysiłku jego obrony oddała innym dyscyplinom. Dopiero ostatnio zaczęto poważnie myśleć o nadrobieniu opóźnień w tym zakresie. Mam tu na myśli uruchomienie na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu na kierunku geografia studiów geoinformatycznych już od pierwszego roku.

Wracając do definicji, zacytuję tu definicję prof. J. Michalaka: **GEOMATYKA (GEOINFORMATYKA) JEST DZIEDZINĄ WIEDZY (I TECHNOLOGII) ZAJMUJĄCĄ SIĘ PROBLEMAMI POZYSKIWANIA, ZBIERANIA, UTRZYMYWANIA, ANALIZY, INTERPRETACJI, PRZESYŁANIA I WYKORZYSTANIA INFORMACJI GEOPRZESTRZENNEJ (PRZESTRZENNEJ, GEOGRAFICZNEJ), CZYLI ODNIESIONEJ DO ZIEMI.**

Ponieważ sam J. Michalak traktuje termin „geomatyka” jako wymienny z terminem „geoinformatyka”, dyskusja na temat, który z nich jest właściwszy dla tej nowej dyscypliny, nie jest jeszcze zakończona i chyba nigdy się nie skończy. Osobiście, i nie tylko, skłaniam się do terminu „geoinformatyka” jako bardziej zrozumiałego i lepiej oddającego istotę informatycznych badań przestrzennych.

Tym zagadnieniom terminologicznym poświęcone były w roku 2001 dwie sesje panelowe w Komisji Geoinformatyki Polskiej Akademii Umiejętności.

I tak prof. J. Kotlarczyk – geolog z AGH w Krakowie, przewodniczący Komisji Geoinformatyki Polskiej Akademii Umiejętności - stwierdził wówczas, że „... termin „geoinformatyka” powstał w ostatnich kilkunastu latach ubiegłego wieku jako wynik integracji trzech dziedzin: fotogrametrii, teledetekcji i systemów informacji geograficznej”. Zauważa on również szereg faktów związanych z używaniem terminu „geomatyka”. Terminu tego użyto w Kanadzie na uniwersytecie w Laval do określenia integracji ww. dyscyplin. Kanadyjskie



Ryc. 4. Koncepcja geoinformatyki według J. Michalaka.
 Fig. 4. Conception of the geoinformatics according with J. Michalak.

Niektórzy geografowie (W. Widacki z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie) upatrują w nich centrum zainteresowania wielu dziedzin wiedzy. Z wykresu przedstawionego przez W. Widackiego, na którym w centrum znajduje się SIG, nie wynika jednak jasno, czy ma on na myśli oprogramowania, czy jest to jego wykładnia geoinformatyki, chyba raczej to drugie, gdyż w angielskiej wersji używa on terminu *Geographical Information System/Sciences* (ryc. 5).

Czy „geografia” ma interesować się geoinformatyką? Uważam, że tak. Stwarza to geografii nowe możliwości precyzyjnej analizy zjawisk przestrzennych, analiz dynamicznych i określania związków między różnymi komponentami. Wykorzystanie w tych badaniach danych teledetekcyjnych pozwala podnieść na wyższy poziom poznanie tych obszarów, które mimo wszystko mają mało wiarygodnych materiałów. Pozwala również na bieżący monitoring wielu zjawisk, których nie da się w inny sposób badać i oceniać. Pozwala na modelowanie zjawisk przestrzennych (geograficznych). Geoinformatyka, z punktu widzenia geografa, jest dziedziną, w której integrują się różne nauki o Ziemi, różne metody uzyskiwania informacji o zjawiskach przestrzennych i różne sposoby ich przedstawiania (ryc. 6).

W Zakładzie Teledetekcji Środowiska Uniwersytetu Warszawskiego od roku 1996 zrealizowano wiele opracowań, w których integrowano dane teledetekcyjne z danymi innego pochodzenia, uzyskując w ten sposób możliwość dynamicznego przedstawiania zjawisk zachodzących w środowisku, takich choćby jak zmiana struktury krajobrazu pod wpływem różnego rodzaju działalności człowieka (B. Błach 1998), czy też uzyskania jakościowo nowej i precyzyjnej informacji odnośnie do ilościowej charakterystyki jakościowych powiązań i zależności między zbiorowiskami roślinnymi a abiotycznymi komponentami środowiska. Te ostatnie badania ujawniły ich dialektyczny charakter, polegający na przejściu od ogólnej tematycznej informacji jakościowej do precyzyjnej ich charakterystyki ilościowej i określenia związków przestrzennych ujętych hierarchicznie (B. Zagajewski 2002). Zrealizowano również wiele prac, w których pokazano zmiany w zagospodarowaniu przestrzennym terenów chronionych

(A. Hościło 2001; P. Kardaś 2000; J. R. Olędzki 2001, 2001a), badania struktury środowiska (A. Hernik 1998; J. R. Olędzki 2001). Wykonywano również opracowania studyjne odnośnie do teledetekcyjnego zasilania i tworzenia baz danych o środowisku (I. Drelich 2000; M. Szewczykowski 2002), a także liczne prace nad integracją danych teledetekcyjnych i geologicznych przy tworzeniu szczegółowych map geomorfologicznych (E. Wołk-Musiał i B. Zagajewski 2001). Prowadzenie tego rodzaju badań możliwe było dzięki zastosowaniu nowoczesnego oprogramowania geoinformatycznego.

Badania te przyczyniły się do opracowania programu nauczania nowej specjalności na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego - geoinformatyki, która bazuje na: szeroko rozumianej teledetekcji (w tym przetwarzaniu obrazów cyfrowych), oprogramowaniach SIG, geodezji, kartografii, geostatystyce, modelowaniu i programowaniu, a także koncepcjach relacyjnych baz danych.

Problematyka geoinformatyczna jest przedmiotem obrad wielu sympozjów międzynarodowych i krajowych. Choć w Polsce od lat odbywają się różne konferencje poświęcone systemom informacji przestrzennej, to dopiero sympozjum zorganizowane w Wysowej w roku 2001 podjęło próbę uczynienia z geoinformatyki zintegrowanego narzędzia badań przestrzennych, dziedziny, która w sposób całościowy i nowoczesny umożliwi prowadzenie nowoczesnych badań środowiska. We wrześniu 2003 roku odbyło się we Wrocławiu i w Polanicy kolejne tego rodzaju spotkanie naukowców i praktyków, a następne przewidywane jest na rok 2005.

Również wiele czasopism zajmuje się problematyką geoinformatyczną. W Polsce profesjonalnym wydawnictwem w tym zakresie jest „GEOINFORMATICA POLONICA”, wydawana przez Komisję Geoinformatyki Polskiej Akademii Umiejętności, która do roku 2003 wydała 4 tomy tej serii wydawniczej.

Wołk-Musiał E., Zagajewski B., 2000, *Analiza geomorfologiczna terenu z zastosowaniem systemów informacji geograficznej*, Fotointerpretacja w Geografii, Problemy Telegeoinformacji, t. 31, s. 137-142, Warszawa.

Zagajewski B., 2002, *Zastosowanie geoinformacji w badaniach wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym i jego otulinie*. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Zakład Teledetekcji Środowiska, rozprawa doktorska, ss. 137, promotor prof. dr hab. J. R. Olędzki, maszynopis, Warszawa.

Summary

The era of remote sensing research of the Earth, characterized by a huge increase of the information about our planet, started in the early 1960s. The temporal, spatial, spectral, and radiometric resolution of the obtained data have increased; the elaboration, processing, and accessibility of the data became possible thanks to the dynamic development of computer tools and software. All that led to the creation, in the mid-1970s, of „geoinformatics”. From the geographical point of view it is a new science of geographical space; it includes remote sensing with fotogrametry, some branches of geodesy, a number of disciplines with the prefix „geo“, and some branches of cartography. Geoinformatics forms a common plane for the exchange of theoretical and methodical ideas for many earth sciences. Currently, the notion of geoinformatics as a field of integration of several earth sciences seems to be arising; it can't be limited to the geographical information systems (GISs). The structure of geoinformatics can be understood in many ways, which can be seen from more or less complex schemes published in various articles. Geoinformatics provides new possibilities of precise analysis of spatial phenomena, such as watching their dynamics or determining the connections between their components. The use of remote sensing data in such research allows for raising to a higher level the knowledge of those regions for which few reliable materials exist. It also allows for a current monitoring of those phenomena which can't be investigated and estimated in any other way, as well as for modeling of spatial (geographical) phenomena. Since 1966, many studies have been performed in the Laboratory of Remote Sensing of Environment of the University of Warsaw, in which remote sensing data were integrated with data obtained by other methods. This made possible a dynamic representation of environmental phenomena. New and precise information about quantitative and qualitative connections and dependencies between plant communities and abiotic components of the environment has been obtained. Changes in the spatial management of the protected regions have been shown. Studio projects regarding the supply of data to databases of environmental data by means of remote sensing have been

JOANNA PLUTO-KOSSAKOWSKA¹

WYKORZYSTANIE KLASYFIKACJI EKSPERCKIEJ ZDJĘĆ SATELITARNYCH W SYSTEMACH INFORMACJI O GLEBACH

Słowa kluczowe:

klasyfikacja ekspercka, wiedza, baza danych, zdjęcie satelitarne, gleba

Abstrakt

Ekstrakcja informacji o glebach na zdjęciach satelitarnych napotyka na szereg ograniczeń. Część z nich jest możliwa do złagodzenia poprzez zastosowanie zaawansowanych technik przetwarzania cyfrowego zdjęć: między innymi uwzględnienie wpływów atmosferycznych, a także charakterystyk spektralnych typowych gleb. Poszukiwanie doskonalszych metod podnoszących dokładność opisu jednostek glebowych, do których należy klasyfikacja oparta na wiedzy, ma sens i może przynosić praktyczne korzyści w dokładniejszym oddaniu ich przestrzennego rozkładu. Tym samym prowadzi to do uzyskiwania lepszych rezultatów w dalszych analizach, w których wykorzystywane są dane o glebach.

W części doświadczalnej niniejszego artykułu przetestowano różne warianty klasyfikacji eksperckiej zdjęć satelitarnych SPOT z wykorzystaniem innych źródeł danych (NMT, mapy glebowo - rolnicze). Zaprezentowano najważniejsze aspekty technologiczne wykorzystania wyników tej klasyfikacji na potrzeby weryfikacji bazy danych o glebach na przykładzie wybranego atrybutu: dominującego typu gleby. Na podstawie wielu doświadczeń w podsumowaniu artykułu zaproponowano kolejne etapy aktualizacji bazy danych w oparciu o wynik klasyfikacji eksperckiej.

USABILITY OF THE SATELLITE IMAGES EXPERT CLASSIFICATION IN SOIL INFORMATION SYSTEMS

Key words:

expert classification, knowledge, database, satellite image, soil

Abstract

The information extract about soils from the satellite image encounters many difficulties. Part of these we can attenuate through using more advanced image processing techniques. Among others: atmospheric influence, or spectral characteristics of the soils should be considered. Therefore search for better methods increasing precision of the

¹Politechnika Warszawska, Instytut Fotogrametrii i Kartografii, Zakład Fotogrametrii

tycznych w sposób automatyczny.

Analogiczne zadanie interpretacji gleb metodą analizy wizualnej wykorzystuje obok danych spektralnych również inne dodatkowe dane i informacje, łącznie z wiedzą interpretatora o całości zjawisk fizyko-chemicznych i przestrzennych dotyczących gleb. Dlatego też w sensie metodycznym przewagę nad analizą cyfrową ma interpretacja wizualna, szczególnie dla obszarów o złożonej strukturze przestrzennej (np. silna mozaika upraw). Stąd wynika obecna tendencja do poszukiwań doskonalszych metod klasyfikacji zdjęć wykorzystujących, obok właściwości spektralnych obiektów, także inne źródła danych oraz wiedzę na temat relacji i zjawisk zachodzących pomiędzy danymi. Dane pomocnicze mogą być wprowadzane do klasyfikacji na różnych jej etapach: poprzedzającym proces klasyfikacji (np. do wydzielenia obszarów występowania danego typu gleby), mogą być zintegrowane z właściwym procesem bądź następować po nim, np. jako forma weryfikacji lub sprecyzowania obszarów występowania danego typu gleby.

Głównym założeniem klasyfikacji eksperckiej jest wykorzystanie wiedzy (zazwyczaj heurystycznej) do poszukiwania rozwiązań. Wiedza ta zwykle oparta jest na doświadczeniu, a jednocześnie nie jest poparta żadnymi modelami statystycznymi. Zaaplikowanie tej wiedzy przez system do danych skutkuje przyporządkowaniem jednostek klasyfikacyjnych do odpowiednich klas. Zatem system ekspercki zawiera w sobie dwa rodzaje wiedzy: deklaratywną, tzn. „wiedzieć co”, oraz wiedzę proceduralną, „wiedzieć jak”. Wiedza deklaratywna zawiera w sobie ideę wnioskowania o klasyfikowanych obiektach i związkach pomiędzy nimi. Wiedza proceduralna zawiera poszczególne kroki postępowania, a w praktyce jest algorytmem obliczeniowym. Oba rodzaje wiedzy przyjmują formę faktów (hipotez) i reguł oraz sposobu, w jaki zostaną ze sobą połączone w bazie wiedzy eksperckiej. Zasadniczymi częściami systemu eksperckiego są zatem:

- baza wiedzy wymagana dla rozwiązania problemu,
- baza danych i narzędzia niezbędne do ich przetwarzania,
- mechanizm wnioskowania do rozstrzygnięć

w procesie decyzyjnym.

Klasyfikacja ekspercka polega na zbudowaniu modelu wnioskowania i jego realizacji na podstawie danych źródłowych. Najtrudniejszym etapem klasyfikacji jest przygotowanie bazy wiedzy eksperckiej, która ma za zadanie emulować proces dedukcji eksperta (mechanizm wnioskowania). Zatem w bazie wiedzy możliwa jest do wykorzystania wiedza na temat np. charakterystyk spektralnych obiektów, ich kształtów, barw, tekstury, położenia w przestrzeni czy właściwości tych obiektów uzyskanych z innych źródeł oraz zależności między nimi.

Należy tu podkreślić, że proces dedukcyjny prowadzony przez człowieka jest procesem niezwykle złożonym i zapis matematyczny bądź logiczny w postaci modelu będzie zawsze uproszczeniem takiego procesu. Z drugiej strony bardzo dużo źródeł danych o różnej postaci powoduje, że interpretacja wizualna jest nieekonomiczna i narażona na błędy pominięcia. Zbudowanie modelu wnioskowania jako procesu zautomatyzowanego zapewnia jego powtarzalność oraz pozwala wykorzystać wiele źródeł danych.

Najczęściej spotykanym w literaturze modelem dotyczącym gleb jest model gleba-krajobraz. Model ten korzysta z zależności pomiędzy glebą a warunkami geomorfologicznymi jej rozwoju i właściwościami. Przykładem wykorzystania takiego modelu do predykcji wskaźnika hydromorficznego gleby jest praca Chaplota i in. (2003). Zaproponowany model bazuje wyłącznie na numerycznym modelu terenu i jego pochodnych oraz dodatkowych danych nt. geologii obszaru. Wcześniej podobne badania prowadzili Dymond i in. (1994). Na podstawie zbudowanego systemu wnioskowania oraz danych z NMT i mapy geologicznej wygenerowali mapę gleb (dla podgrup gleb według „USDA Taxonomy”). Zaproponowany system wnioskowania składał się ze zbioru elementarnych reguł decyzyjnych. Brak analiz statystycznych nie pozwala jednak na oszacowanie dokładności wyników zautomatyzowanego kartowania gleb.

Badania, które wykorzystują korelacje między danymi teledetekcyjnymi a glebą, przeprowadził Dobos i in. (2000). Na podstawie klasyfikacji wieloczasowych zdjęć NOAA/AVHR i NMT (a także jego

3. Opis badań

Głównym celem badań było zbudowanie modelu wnioskowania, prowadzące do zdiagnozowania rozkładu typów gleb na badanym obszarze. Podstawowym założeniem w budowie bazy wiedzy było wykorzystanie korelacji między zdjęciem satelitarnym a występującymi typami gleb w bazie danych referencyjnych. Zależności pomiędzy wartościami radiometrycznymi na zdjęciu SPOT a właściwościami gleb posłużyły do przygotowania danych tematycznych wykorzystanych następnie w bazie wiedzy eksperckiej.

3.1. Obszar badań

Przy wyborze obszaru badań kierowano się przede wszystkim różnorodnością typów gleb, roślinności, form geomorfologicznych i zasobnością materiałów źródłowych (zdjęcia satelitarne, mapy, NMT).

Badany obszar leży na granicy dwóch makroregionów: Niziny Północnomazowieckiej i Niziny Środkomazowieckiej, której przebieg wyznacza rzeka Bug. Do Niziny Północnomazowieckiej należą mezoregiony: dolina dolnej Narwi i Międzyrzecze Łomżyńskie. Do Niziny Środkomazowieckiej należą mezoregiony: dolina dolnego Bugu oraz Równina Wołomińska. Zasięg obszaru badań wyznaczają granice administracyjne powiatu Wyszków.

Głównym czynnikiem rzeźbotwórczym na omawianym terenie była działalność lądolodu i jego wód roztopowych, na którą nałożyła się działalność czynników holocenijskich. Duża część opisywanego obszaru ma rzeźbę płasko-równinną z piaskami wodnolodowcowymi. Obszar badań pokryty jest osadami polodowcowymi w postaci: piasków luźnych, słabo gliniastych i gliniastych, glin zwałowych, utworów pyłowych o różnej miąższości i na różnych podłożach, osadów rzecznych oraz utworów organogenicznych (torfów). Większość gleb użytków rolnych wytworzona jest z piasków.

Analiza geomorfologiczna obszaru badań jest istotna, gdyż stała się podstawą zbudowania tabeli korelacyjnej, wykorzystanej następnie w bazie wiedzy eksperckiej.

3.2. Przygotowanie danych do klasyfikacji eksperckiej

Wstępnym etapem klasyfikacji eksperckiej jest dobór i przygotowanie danych wykorzystanych w bazie reguł decyzyjnych. Głównym źródłem danych jest zdjęcie satelitarne SPOT5 z 12. 09. 2002. Zdjęcie satelitarne dobrze prezentuje rozkład podstawowych typów gleb w korelacji z pokryciem terenu. Dlatego też zdjęcie wykorzystano dwukrotnie: do wyznaczenia rozkładu na badanym obszarze głównych klas pokrycia terenu oraz głównych typów gleb występujących na badanym obszarze.

Najszybszym sposobem wygenerowania warstw tematycznych o pokryciu terenu i typach gleb jest klasyfikacja wielospektralna. Kanały spektralne wykorzystane w tej klasyfikacji powstały z analizy składowych głównych.

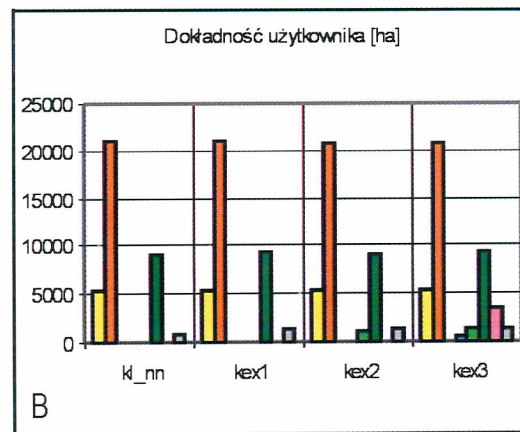
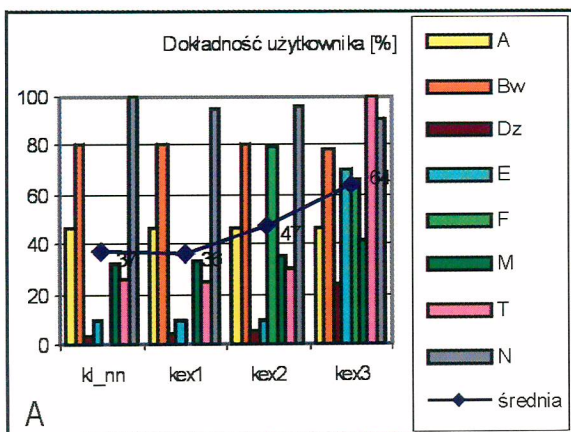
Do przeprowadzenia klasyfikacji wykorzystano metodę nienadzorowaną (ISODATA), a następnie poddano analizie klastry utworzone w przestrzeni spektralnej (PCA). W wyniku analizy otrzymano grupę sygnatur definiujących klasy tematyczne.

W klasyfikacji ISODATA najtrudniejszą pracą operatora jest właśnie analiza klastrów. Dlatego też w opisywanym doświadczeniu zaproponowano przeprowadzenie jej w przestrzeni utworzonej ze składowych głównych, które są skorelowane w mniejszym stopniu niż oryginalne kanały spektralne zdjęcia satelitarnego. W tak skonstruowanej przestrzeni dużo łatwiej analizować rozkład klastrów niż w przestrzeni z oryginalnych kanałów zdjęcia.

Oprócz zdjęcia satelitarnego do bazy wiedzy eksperckiej weszły dane o rzeźbie terenu z NMT (DTED poziom 2) oraz dane o składzie granulometrycznym warstwy wierzchniej z mapy glebowo-rolniczej w skali 1:25000.

3.3. Baza wiedzy eksperckiej

Drugi etap włącza dodatkowe dane (warstwy tematyczne) z wykorzystaniem reguł wnioskowania w bazie wiedzy eksperckiej. Baza wiedzy eksperckiej



Ryc. 1. Wykresy przedstawiające dokładność użytkownika klasyfikacji, tzw. user's accuracy.
 A – przedstawia wartości procentowe, B – powierzchnię całkowitą zajmowaną przez dany typ gleby.
 Fig. 1. User's accuracy of the classification: 1 – percents values, 2 – total area of the soil type.

kiej (KEX3) 78%.

Druga metoda oszacowania dokładności klasyfikacji zakłada, że dla poszczególnych jednostek glebowych bazy danych istotny jest przede wszystkim dominujący typ gleb w poligonie jednostki glebowej i taki został obliczony. Następnie dominujący typ gleby z klasyfikacji eksperckiej został porównany z typem gleby z mapy glebowo-rolniczej w tym samym konturze glebowym. Taką analizę wykonano dla całego obszaru badawczego dla wszystkich wariantów klasyfikacji: KEX1, KEX2 i KEX3.

Z oszacowania dokładności klasyfikacji dla poszczególnych typów gleb wynika, że klasyfikacja ekspercka w trzecim wariantcie (KEX3) przyniosła najlepsze rezultaty (ryc. 1). Większość typów gleb (Bw, E, F, T, N) sklasyfikowana została z dokładnością powyżej 60%. Gleby bielcowe (A) i brunatne wylugowane (Bw) zachowują się dość stabilnie i niezależnie od wersji klasyfikacji są sklasyfikowane na podobnym poziomie dokładności (A ok. 46%, Bw ok. 80%) przy zachowaniu tych samych wielkości powierzchni. Największe różnice uwidoczniły się dla mad, które w klasyfikacji nie nadzorowanej praktycznie nie zostały sklasyfikowane. Podobnie rzecz się ma z glebami torfowymi (T), których dokładność klasyfikacji wzrosła z 26% do 100% (dokładności użytkownika), przy jednoczesnym osiągnięciu prawie 100% dokładności kartograficznej.

Z przeprowadzonych analiz oszacowania dokładności klasyfikacji wynika, że klasyfikacja ekspercka jest produktem lepiej przedstawiającym rzeczywiste położenie gleb w terenie niż klasyczna klasyfikacja, wykonana tylko na zdjęciu satelitarnym, co zostało potwierdzone badaniami terenowymi. Można stwierdzić, że model wnioskowania oparty na wiedzy eksperckiej podniósł dokładność klasyfikacji i zwiększył jej wiarygodność.

3.5. Wnioski wynikające z przeprowadzonej klasyfikacji

Układ działek i ich wyraźna struktura bardzo silnie zakłócają obraz gleby. Pomimo braku roślinności lub jej niewielkiej ilości na terenach uprawianych rolniczo, bardzo trudno doszukać się prostych relacji kontur

glebowy – jego obraz na zdjęciu. Poza nielicznymi przypadkami na dużych jednorodnych obszarach, np. duży kompleks łąk, nie udało się rozgraniczyć typów gleb na satysfakcjonującym poziomie zaufania.

Tam gdzie zmiany w roślinności jednocześnie wyznaczają granice typów gleb, dość łatwo można przeprowadzić granice jednostek glebowych, zastępując interpretację wizualną procesem klasyfikacji eksperckiej.

Klasyfikacja ekspercka z wykorzystaniem warstwy pokrycia terenu pozwoliła na zdefiniowanie gleb nieużytkowanych rolniczo (nieużytków, terenów zabudowanych i lasów). Klasyfikacja w drugim wariantcie, bazująca na związkach między typem gleby i jej położeniem w terenie, wyodrębniła gleby (mady) leżące na tarasach zalewowych w dolinach rzek. Klasyfikacja wykorzystująca związki typów gleb ze skałą macierzystą pozwoliła na sklasyfikowanie gleb bagiennych i torfowych (ryc. 2).

Reasumując, klasyfikacja ekspercka ma kilka atutów. Przede wszystkim bierze pod uwagę integrację danych z różnych źródeł, tzn. różne warstwy tematyczne, różne formaty, różne typy danych, różną rozdzielczość przestrzenną. Daje także możliwość wprowadzenia wiedzy opartej na doświadczeniu i takiej, która nie ma statystycznych modeli.

Inne zalety bazy wiedzy eksperckiej to powtarzalność, tzn. możliwość wykorzystania modelu do zestawu danych z innych obszarów, a także elastyczność, tzn. możliwość rozbudowy o nowe dane lub nowe reguły.

Prawidłowo skonstruowana baza wiedzy eksperckiej musi poszukiwać rozwiązania problemu przy narzuconych warunkach, nawiązując do metod badań i logiki prezentowanej przez człowieka. Należy jednak pamiętać, że żadna z metod klasyfikacji automatycznej nie może zastąpić całkowicie procesu fotointerpretacji prowadzonego przez człowieka z dwóch powodów: braku doświadczenia oraz globalnego postrzegania obrazu, jakim kieruje się operator.

4. Podsumowanie

Metodykę aktualizacji bazy danych o glebach w oparciu o zdjęcia SPOT należy rozpatrywać w dwóch częściach: geometrycznej i semantycznej.

Mulders M. A., 1987, *Remote sensing in soil science*, Elsevier.

Odeh I. O. A., McBratney A. B., 2000, *Using AVHRR images for spatial prediction of clay content in the lower Namoi Valley of eastern Australia*, *Geoderma*, 97, p. 237-254.

Odeh I. O. A., McBratney A. B., Chittleborough D. J., 1994, *Spatial prediction of soil properties from landform attributes derived from a digital elevation model*, *Geoderma*, 63, p. 197-214.

Pluto-Kossakowska J., 2003, *Analiza metod przetwarzania i interpretacji zdjęć satelitarnych SPOT z punktu widzenia potrzeb systemu informacji o glebach*, praca doktorska, Warszawa.

Richards J. A., 1993, *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, Second Edition.

Srinivasan A. Richards, 1990, *Knowledge-based techniques for multi-source classification*, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 11, no. 3.

Srinivasan A. Richards J., 1993, *Analysis of GIS spatial data using knowledge-based methods*, *International Journal of GIS*.

Stefanov W. L., Ramsey M. S., Christensen P. R., 2001, *Monitoring urban land cover change: An expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers*, *Remote Sensing of Environment*, 77, p. 173-185.

Summary

Soil data bases are useful in regional as well as in local information systems. It is required that such data base are adequately detailed and also updated. The soil data base creation based on cartographical materials, terrain data, results of laboratory analysis is very expensive and time-consuming. Also such technology elongates the whole process of soil data base building. Therefore scientists search for alternative methods of data acquisition for building and updating soil data bases. Such opportunities are provided by remote sensing satellite systems. Satellite devices systematically register an image for big a area of Earth at one time.

Expert classification is an example of wider approach to remote sensed data. It belongs to knowledge based systems which are developing nowadays extremely intensively. The purpose of these systems is to simulate the human inference leading to solving the problem. Expert classification is building the inference model and its realization on the basis of source data. The main stage of this classification is preparing the base of expert knowledge. In such base by using decision rules, correlations between variables are described.

The main objective of this investigation was to create an inference model leading to recognition of arrangement of soil types on the explored area. The basic assumption during the knowledge base building was usage of the correlation between satellite image and types of soil occurring in the reference soil data base. Relationships between radiometric values on the SPOT image and properties of soils (land cover, geomorphological forms, texture) were used to prepare decision rules in the inference model.

Three variants of the expert classification were realized. First variant of expert classification with using land cover layer allows to define not arable soils: useless area, buildup area and forests. Second version of expert classification based on the relations between soil type and its location on the terrain (altitude) separates soils situated on the flooding terraces in the river valley: mostly fluvisols. The third version of classification using relations between types and texture of soils allows to classify marsh and peat soils (histosols).

MATEUSZ TROLL¹

ZASTOSOWANIE GIS I TELEDETEKCJI W BADANIACH UŻYTKOWANIA ZIEMI W BESKIDACH ZACHODNICH

Słowa kluczowe:

GIS, teledetekcja, analiza przestrzenna, użytkowanie ziemi, lasy, Beskidy

Abstrakt

Praca jest przykładem zastosowania systemów informacji geograficznej i teledetekcji w badaniach nad użytkowaniem ziemi w Beskidach Zachodnich. Cyfrowe dane przestrzenne na temat użytkowania ziemi pochodziły z interpretacji i klasyfikacji zdjęcia satelitarnego Landsat TM, natomiast dane na temat ukształtowania terenu – z numerycznego modelu terenu (*DEM*). W analizie wykorzystano metody generalizacji przestrzennej, nakładania map oraz metody statystyczne. Wyniki badań świadczą o występowaniu prawidłowości w przestrzennym zróżnicowaniu użytkowania ziemi, zarówno w wymiarze horyzontalnym, jak i wertykalnym. Prawidłowości te autor tłumaczy związkiem użytkowania ziemi z ukształtowaniem terenu i warunkami przyrodniczymi zależnymi od ukształtowania. Związki przestrzenne pomiędzy użytkowaniem i ukształtowaniem terenu potwierdzają wyniki analizy statystycznej.

APPLICATION OF GIS AND REMOTE SENSING IN LAND USE STUDIES IN THE WESTERN BESKIDY MTS.

Key words:

GIS, remote sensing, spatial analysis, land use, forests, Beskidy Mts.

Abstract

Article is an example of GIS and remote sensing application in mountain land use studies. Spatial land use data, derived from satellite image interpretation and classification (Landsat TM), were used together with terrain data (elevations, slopes) stored in digital elevation model (DEM), interpolated from digitized contours. Spatial generalization methods, map overlay and statistical methods were applied in data analysis. Results of the research improve existence of specific land use spatial pattern, in its horizontal and vertical dimension. Such patterns were statistically explained by the influence of the environmental variables (elevations, slopes).

¹Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Systemów Informacji Geograficznej, Kraków

zgeneralizowane przestrzennie dane spisowe opisujące strukturę użytkowania ziemi we wsiach lub gminach (Jagła i in. 1981; Guzik 1992, 1995), bądź też bardzo szczegółowe, ale ograniczone do niewielkiego obszaru, dane będące wynikiem kartowania terenowego (Kurek 1974).

Zróżnicowanie w obydwóch układach przestrzennych było poddane analizie z zastosowaniem metod generalizacji przestrzennej – analizy trendu powierzchniowego i interpolacji przestrzennej, oraz metod nakładania map i metod statystycznych. Metody te nie były dotychczas stosowane w badaniach użytkowania ziemi w Beskidach, bądź też były stosowane manualnie.

2.1. Satelitarna mapa użytkowania ziemi

W opracowaniu satelitarnej mapy użytkowania ziemi zastosowano metodę klasyfikacji wzorcowej (Parysek 1982; Widacki 1997). W interpretacji zdjęcia satelitarnego wykorzystano dodatkowe materiały dokumentujące stan użytkowania ziemi w momencie wykonania zdjęcia satelitarnego: mapy topograficzne i sozologiczne w skali 1:50 000 oraz Plany Urządzenia Gospodarstwa Leśnego w skali 1:10 000, a także archiwalne materiały Zakładu Doświadczalnego Instytutu Zootechniki w Lipowej koło Żywca. Informacje na temat stanu użytkowania ziemi w lipcu 1995 r. zebrano w trakcie badań terenowych.

W toku klasyfikacji zdjęcia satelitarnego wyróżniono szereg typów pokrycia terenu, które następnie przypisano określonym formom użytkowania ziemi. Procedurę klasyfikacyjną przeprowadzono w kilku etapach:

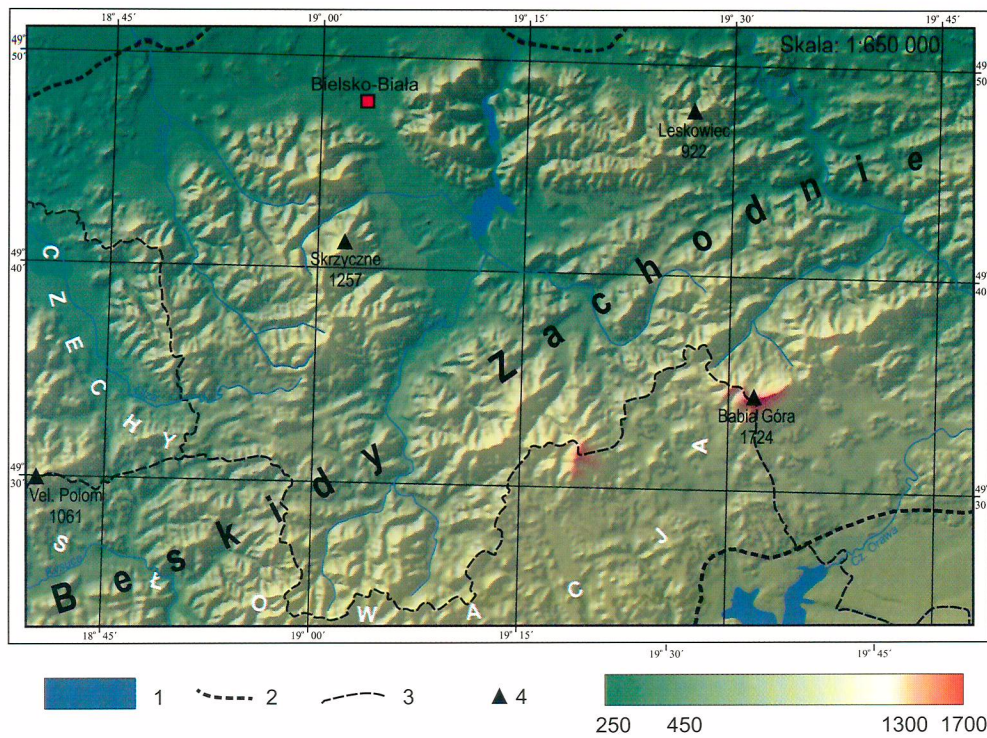
- wyznaczanie wzorców klasyfikacyjnych pokrycia terenu (tzw. pól treningowych),
- tworzenie na podstawie wzorców terenowych charakterystyk spektralnych dla typów pokrycia terenu w poszczególnych kanałach zdjęcia (tzw. sygnatur),
- weryfikacja wzorców,
- wstępna klasyfikacja i ocena dokładności przedklasyfikacyjnej,
- wybór zakresów spektralnych najbardziej odpowiednich do klasyfikacji konkretnych typów po-

krycia terenu,

- właściwa klasyfikacja.

W związku z niewystarczającą rozdzielczością przestrzenną zdjęcia satelitarnego, wyznaczenie powierzchni wzorcowych było w przypadku niektórych typów pokrycia terenu utrudnione. Dotyczy to użytków rolnych, które w zachodniej części Beskidów należą najczęściej do silnie rozdrobnionych gospodarstw – 90 % z nich nie przekracza swoją wielkością 2 ha powierzchni. Sprawia to, że w chwilowym polu widzenia skanera satelity znajdują się często fragmenty kilku różnych upraw, czego wynikiem jest uśredniona odpowiedź spektralna. Rzadziej występujące skomasowane grunty własności uspołecznionej oraz grunty wspólnej własności chłopskiej są z reguły znacznie większe, dlatego właśnie tam wyznaczono wzorcowe powierzchnie użytków rolnych (ryc. 2). Rozdzielczość zdjęć Landsat TM jest natomiast w zupełności wystarczająca w interpretacji użytków leśnych w większości należących do Lasów Państwowych, w których podział powierzchniowy na oddziały i pododdziały cechuje się znacznie mniejszym stopniem fragmentacji niż podział indywidualnych gruntów rolnych.

Analiza odpowiedzi spektralnych w siedmiu kanałach zdjęcia satelitarnego, a także w kanałach pochodnych, stanowiących kombinacje kanałów pierwotnych, świadczy o różnym stopniu podobieństwa spektralnego wzorców, w zależności od zakresu promieniowania. Z tego względu klasyfikację przeprowadzono w kilku etapach, używając w każdym z nich różnych kanałów zdjęcia i uzyskując w ten sposób coraz bardziej szczegółowe rozróżnienie typów pokrycia terenu. W pierwszym etapie wyróżniono dwie klasy pokrycia terenu: obszary wodne i lądowe, w drugim etapie obszary lądowe sklasyfikowano na dwie zbiorcze kategorie: tereny leśne i nieleśne, a następnie z pomocą różnych kombinacji kanałów wyróżniono poszczególne klasy użytków leśnych oraz technicznych i rolnych. Wyróżnione w toku klasyfikacji uprawy na gruntach ornych oraz trwałe użytki zielone zostały ostatecznie zagregowane w jedną kategorię użytków rolnych, co było podyktowane ograniczonymi możliwościami rozróżnienia tych typów użytkowania ziemi, w związku z rozdzielczością przestrzenną klasyfikowanego zdjęcia.



Ryc. 1. Obszar badań: 1 – wody, 2 – granice obszaru badań (Karpát fliszowych), 3 – granice polityczne, 4 – kulminacje (m n.p.m.).
 Fig. 1. Study area: 1 – water, 2 – research area boundary (Flysch Carpathian Mts.), 3 – political boundaries, 4 – peaks (m a.s.l.).

układzie użytkowania ziemi szukano cech, których zmienność można wytłumaczyć zróżnicowaniem w układzie warunków przyrodniczych.

W przypadku warunków przyrodniczych zmienne – objaśniające – są zmiennymi ilościowymi o charakterze ciągłym (wysokość bezwzględna, nachylenie terenu), natomiast w przypadku użytkowania ziemi zmienne – objaśniane – mają charakter jakościowy (kategorie użytkowania ziemi). W celu zastosowania metod analizy korelacji i regresji badane kategorie użytkowania ziemi potraktowano jako zmienne dychotomiczne – zero – jedynkowe (wartość 1 oznacza występowanie określonej kategorii w danym miejscu – pikselu, zaś 0 – jej brak). Badając związki pomiędzy zmiennymi dychotomicznymi i ciągłymi, stosowano punktowy dwuszeregowy współczynnik korelacji (Norcliffe 1986; Ostasiewicz 1998) oraz współczynnik regresji wielorakiej. W przypadku analizy regresji zmienną zero – jedynkową przetworzono do postaci ciągłej, obliczając odsetek powierzchni zajmowanej przez daną kategorię w kwadratowych polach podstawowych. W tym celu zero – jedynkowe mapy zmiennej objaśnianej przetwarzano filtrem średnim, znormalizowanym, w oknie 9 x 9 pikseli (tj. 270 x 270 m). Tak obliczone odsetki były miarą prawdopodobieństwa występowania danej kategorii użytkowania w punktach stanowiących środki pól podstawowych. W celu uniknięcia nierealnych predykcji w modelu regresji stosowane jest przekształcenie logitowe, tj. przeskalowanie zmiennej z zakresu (0-1) do zakresu (-,+). Ze względu na dwumianowy rozkład zmiennej objaśnianej, w modelu zamiast metody najmniejszych kwadratów stosowana jest metoda ważonych najmniejszych kwadratów (Norcliffe 1986; Eastman 1997). Należy zaznaczyć, że w metodzie tej (regresja logistyczna) wartości współczynnika determinacji r^2 i testu t są przybliżoną i raczej względną miarą wyjaśnialności i istotności związku. Porównując obydwie metody, należy zwrócić uwagę, że w analizie regresji zmienną objaśnianą jest odsetek powierzchni przypadającej na las w każdym polu podstawowym (lesistość), natomiast w przypadku punktowego dwuszeregowego współczynnika korelacji – występowanie lasu w określonym miejscu (pikselu) lub jego brak.

Oprócz analizy korelacji i regresji stosowano także analizę wariancji. Istotność różnic pomiędzy poszczególnymi parami średnich określano metodą najmniejszej istotnej różnicy (Józwiak, Podgórski 1998). Warto dodać, że na etapie statystycznej analizy związków (analiza korelacji i regresji, analiza wariancji) atrybuty lokalizacji przestrzennej (współrzędne x , y) nie są uwzględniane. Powtórne nawiązanie do przestrzeni następuje jedynie w przypadku analizy regresji, podczas generowania map przedstawiających wartości zmiennej objaśnianej, wyjaśnione modelem regresji lub też wartości reszt z regresji.

2.4. Próba statystyczna i pola podstawowe analizy

Zastosowanie GIS w analizie przestrzennej wymaga wyboru pola podstawowego analizy oraz sposobu pobierania próby statystycznej, z czym wiąże się zagadnienie autokorelacji przestrzennej. Natura zjawisk przyrodniczych sprawia, że zmienne opisujące warunki środowiska przyrodniczego charakteryzują się na ogół wysoką autokorelacją przestrzenną. Problem skorelowania szeregów przestrzennych wiąże się również z zastosowaniem rastrowego formatu zapisu danych cyfrowych (dostosowanie rozdzielczości mapy cyfrowej do szczegółowości danych źródłowych) oraz z zastosowaniem niektórych technik przetwarzania danych, na przykład interpolacji wysokości (Norcliffe 1986; Chou 1991). W testowaniu autokorelacji stosowano współczynnik I Morana oraz standaryzowaną zmienną normalną z (Czyż 1978; Ebdon 1990). Wyniki testowania autokorelacji, tak w przypadku danych na temat ukształtowania, jak i użytkowania terenu, wskazują na skorelowanie szeregu przestrzennego, nawet przy kilkunastokrotnym opóźnieniu (próbki w siatce kilkanaście na kilkanaście pikseli). W analizie statystycznej zastosowano więc losową próbę pikseli, o możliwie najniższej autokorelacji przestrzennej.

Obok danych punktowych (z losowej próby pikseli) analizie poddano także statystyki liczbowe (średnia, wartość minimalna i maksymalna, arealty, odsetki powierzchni) obliczane w polach podstawowych (agregaty sąsiadujących ze sobą pikseli). Stosowano trzy

Polskich (59 i 58%). Największy w całym profilu pionowym przyrost lesistości (i spadek odsetka użytków rolnych) ma miejsce na wysokości 500 m n.p.m. (strefy wysokościowe 400-500 i 500-600 m n.p.m.) i wiąże się z największym wzrostem nachyleń terenu. Dostępność terenu, zależna w dużej mierze od nachylenia terenu, była więc jednym z czynników hamujących ekspansję rolnictwa w wyższych partiach Beskidów.

W ujęciu ilościowym związki korelacyjne pomiędzy lesistością a badanymi parametrami ukształtowania terenu są istotne, ale słabe – zróżnicowaniem wysokości bezwzględnych wyjaśnione jest około 22%,

a zróżnicowaniem nachyleń – 25% zmienności lesistości (tab. 1). Z zastosowaniem metody analizy regresji wielorakiej uzyskano ilościowy wskaźnik łącznego oddziaływania obydwóch czynników – zróżnicowaniem wysokości i nachylenia terenu można wytłumaczyć 52% zmienności lesistości. O większym związku lesistości z nachyleniem terenu świadczą również wyniki analizy wariancji średnich odsetków lasów w zlewniach rzecznych. Zlewnie nisko i wysoko położone nie różnią się istotnie lesistością, natomiast zlewnie słabo i silnie nachylone wykazują istotną różnicę w zalesieniu (tab. 2 i 3). Jedyne znane z literatury miary tego

Tab. 1. Statystyka korelacji i regresji pomiędzy rozmieszczeniem lasów (zmienna dychotomiczna) a wybranymi parametrami morfometrycznymi (zmiennie ciągłe): r_{pb} – punktowy dwuszeregowy współczynnik korelacji, r^2 – współczynnik determinacji, N – liczebność próby, t – test t , r – współczynnik korelacji wielokrotnej, F – test F .

Tab. 1. Statistics of correlation and regression between forest distribution (dichotomic variable) and chosen morphometric parameters (continuous variables): r_{pb} – point two-series correlation coefficient, r^2 – determination coefficient, N – number of sample pixels, t – t test, r – multiple correlation coefficient, F – F test.

Parametr morfometryczny	Analiza korelacji				Analiza regresji			
	r_{pb}	r^2	N	t	r	r^2	F ($df = 2, 969$)	t ($df = 969$)
Wysokość	0.47	0.22	1025	17	0.72	0.52	518.4	20.0
Nachylenie	0.5	0.25	1025	18.5				11.6

Tab. 2. Lesistość zlewni wysoko i nisko położonych - statystyka analizy wariancji: N – liczebność próby, F – test F , F_k – wartość krytyczna testu F na poziomie istotności $\alpha=0.05$.

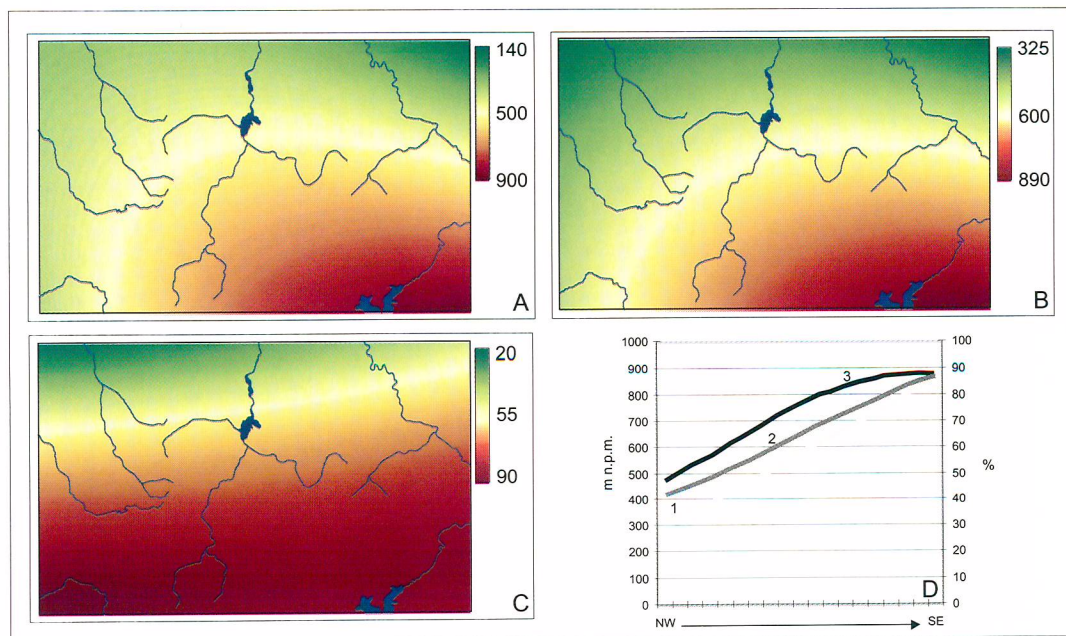
Tab. 2. Forest proportions in high and low situated river catchments – variance statistics: N – number of sample pixels, F – F test, F_k – critical value of F test, confidence level $\alpha=0.05$.

Typ zlewni	Średni odsetek powierzchni leśnej	Analiza wariancji		
		N	F	F_k
Nisko położone	0.576	16	0.41	4.25
Wysoko położone	0.614	10		

Tab. 3. Lesistość zlewni słabo i silnie nachylonych – statystyka analizy wariancji: N – liczebność próby, F – test F , F_k – wartość krytyczna testu F na poziomie istotności $\alpha=0.05$.

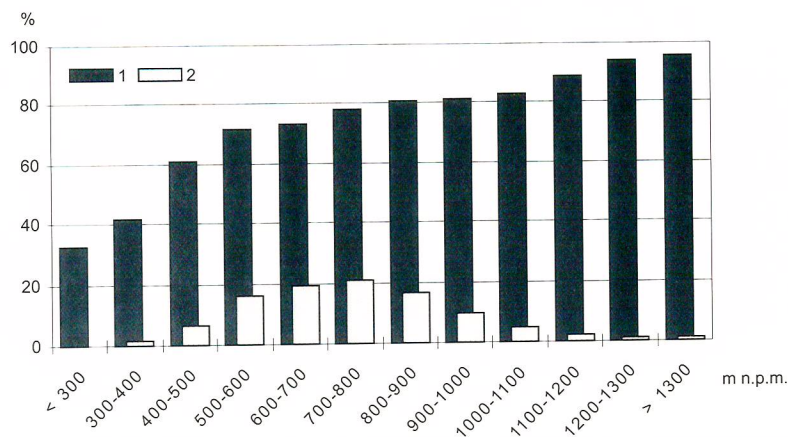
Tab. 3. Forest proportions in catchments with low and high slope gradients – variance statistics: N – number of sample pixels, F – F test, F_k – critical value of F test, confidence level $\alpha=0.05$.

Typ zlewni	Średni odsetek powierzchni leśnej	Analiza wariancji		
		N	F	F_k
Słabo nachylone	0.514	16	15.29	4.21
Silnie nachylone	0.685	13		



Ryc. 6. Powierzchnie trendu drugiego stopnia: A – trend zmian wysokości bezwzględnych den dolin (m n.p.m.), B – trend zmian wysokości bezwzględnych zasięgu granicy rolno-leśnej (m n.p.m.), C – trend zmian udziału lasów iglastych w powierzchni zalesionej (%), D – zmiany modelowanych zmiennych na przekroju NW-SE: 1 – wysokość bezwzględna den dolin, 2 – wysokość bezwzględna granicy rolno-leśnej, 3 – odsetek powierzchni przypadającej na lasy iglaste.

Fig. 6. Second order trend surfaces: A – elevations of valley bottoms (m a.s.l.), B – elevations of forest boundary (m a.s.l.), C – proportion of coniferous forest in the forested area (%), D – profiles of analysed variables in NW-SE direction: 1 – elevations of valley bottoms, 2 – elevations of agriculture-forest boundary, 3 – proportion of coniferous forests in forested area.



Ryc. 7. Rozmieszczenie lasów iglastych w przedziałach wysokości bezwzględnej (m n.p.m.). 1 – odsetek powierzchni przedziału wysokości, 2 – odsetek całkowitej powierzchni lasów iglastych.

Fig. 7. Distribution of coniferous forests in elevation classes (m a.s.l.). 1 – proportion of total elevation class area, 2 – proportion of total coniferous forests area.

przewagę lasów mieszanych i liściastych nad iglastymi. W wyższych partiach przebudowa postępuje wolniej, ze względu na lepszą kondycję litych świerczyn, związaną z występowaniem siedlisk borowych. Przebudowę spowalnia tam również mniejsza dostępność terenu (Troll 1999).

W zróżnicowaniu lasów w przekroju poziomym gór stwierdzono występowanie południkowych gradientów wzrostu udziału lasów iglastych w powierzchni leśnej. Uwidoczniają to zarówno wyniki interpolacji (ryc. 8), jak i analizy trendu powierzchniowego (ryc. 6c). W północnej części Beskidów występuje równowaga pomiędzy udziałami lasów iglastych i pozostałych (izopleta 50%), natomiast w części południowej lasy iglaste zdecydowanie dominują (izopleta 90%). Wynik analizy trendu, w postaci powierzchni drugiego stopnia, wyjaśniającej około 60% zmienności, wskazuje, że gradient zmian w odsetkach lasów iglastych ma kierunek NW-SE (tab. 4). Takie zróżnicowanie lasów w wymiarze horyzontalnym wiąże się zarówno z warunkami siedliskowymi, zależnymi częściowo od hipsometrii terenu, jak i z gospodarczym użytkowaniem lasów (Troll 1999).

Wyniki analizy korelacji świadczą o braku liniowej zależności pomiędzy zróżnicowaniem lasów i wysokości (tab. 5). Również wyniki analizy wari-

Tab. 5. Statystyka korelacji pomiędzy rozmieszczeniem lasów iglastych (zmienna dychotomiczna) a wybranymi parametrami morfometrycznymi (zmiennie ciągłe): r_{pb} – punktowy dwuszeregowy współczynnik korelacji, r^2 – współczynnik determinacji, N – liczebność próby, t – test t .

Tab. 5. Correlation statistics between coniferous forest distribution (dichotomic variable) and chosen morphometric parameters (continuous variable): r_{pb} – point two-series correlation coefficient, r^2 – determination coefficient, N – number of sample pixels, t – t test.

Parametr morfometryczny	r_{pb}	r^2	N	t
Wysokość	0.28	0.08	455	6.17
Nachylenie	-0.04	0.001	455	-0.88

cji (tab. 6) wskazują na brak istotnej różnicy w odsetkach lasów iglastych w zlewniach wysoko i nisko położonych (odpowiednio 72 i 89%). Zróżnicowanie odsetka lasów iglastych nie wykazuje również związku z nachyleniem terenu, co uwidoczniają zarówno wyniki klasyfikacji krzyżowej (ryc. 9), jak i analizy korelacji (tab. 5) i wariacji średnich (tab. 7).

Tab. 6. Udział lasów iglastych w powierzchni leśnej zlewni nisko i wysoko położonych – statystyka analizy wariacji: N – liczebność próby, F – test F , F_k – wartość krytyczna testu F na poziomie istotności $\alpha=0.05$.

Tab. 6. Proportions of coniferous forests in catchments with low and high elevations – variance statistics: N – number of sample pixels, F – F test, F_k – critical value of F test, confidence level $\alpha=0.05$.

Typ zlewni	Średni odsetek powierzchni lasów iglastych	Analiza wariacji		
		N	F	F_k
Nisko położone	0.723	16	10.83	4.25
Wysoko położone	0.889	10		

Tab. 7. Udział lasów iglastych w powierzchni leśnej zlewni słabo i silnie nachylonych – statystyka analizy wariacji: N – liczebność próby, F – test F , F_k – wartość krytyczna testu F na poziomie istotności $\alpha=0.05$.

Tab. 7. Proportions of coniferous forests in catchments with low and high slope gradients – variance statistics: N – number of sample pixels, F – F test, F_k – critical value of F test, confidence level $\alpha=0.05$.

Typ zlewni	Średni odsetek powierzchni lasów iglastych	Analiza wariacji		
		N	F	F_k
Słabo nachylone	0.829	16	3.17	4.21
Silnie nachylone	0.737	13		

Bibliografia

- 1999 *EOS Reference...*, 1999, *1999 EOS Reference Handbook, A Guide to NASA's Earth Science Enterprise and the Earth Observing System*, King M. D., Greestone R. (red.), NASA, ss. 361. Dostępne w internecie: http://eospsa.gsfc.nasa.gov/eos_homepage/misc_html/refbook.html
- Bernadzki E., 1963, *Typy siedliskowe lasu na utworach godulskich w Beskidzie Śląskim*, Prace IBL, nr 262, s. 119-195.
- Białecka K., 1982, *Rośliny naczyniowe grupy Pilska w Beskidzie Żywieckim*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Botaniczne, z. 10, ss. 149.
- Board C., 1969, *Mapy jako modele* (tłum. J. Ostrowski), *Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej*, z. 3/4, s. 7-55.
- Bogucka A., 1968, *Współzależność między gospodarką a warunkami środowiska geograficznego w regionie polskich Karpat*, *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, z. 6 (19), s. 107-146.
- Burrough P.A., McDonnell R.A., 1998, *Principles of Geographical Information Systems*, ss. 333.
- Chorley R.J., Haggett P., 1968, *Trend-Surface Mapping in Geographical Research*, [w:] Berry B. J. L., Marble D. F. (red.), *Spatial Analysis. A Reader in Statistical Geography*, s. 195-217.
- Chou Y. H., 1991, *Map resolution and spatial autocorrelation*, *Geographical Analysis*, vol. 23, nr 3, s. 228-246.
- Czyż T., 1978, *Metody generalizacji układów przestrzennych*, PAN, Oddział w Poznaniu, Seria: Geografia, t. 1, ss. 91.
- Eastman J. R., 1997, *Idrisi for Windows. Tutorial Exercises*, Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, Worcester, USA.
- Ebdon D., 1990, *Statistics in Geography*, ss. 232.
- Guzik Cz., 1967, *Z zagadnień użytkowania ziemi w powiecie bocheńskim*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, z. 15, s. 61-94.
- Guzik Cz., 1992, *Pionowa zmienność użytkowania ziemi w Karpatach*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, z. 91, s. 54-71.
- Guzik Cz., 1995, *Rolnicze użytkowanie ziemi*, [w:] Warszńska J. (red.), *Karpaty polskie. Przyroda, człowiek i jego działalność*, s. 239-252, Kraków.
- Instrukcja...*, 1959, *Instrukcja szczegółowego zdjęcia użytkowania ziemi*, *Dokumentacja Geograficzna*, z. 2, s. 9-128.
- Instrukcja...*, 1959/60, *Instrukcja szczegółowego zdjęcia użytkowania ziemi* (II wyd.), *Dokumentacja Geograficzna*, z. 2, ss. 124.
- Instrukcja...*, 1962, *Instrukcja szczegółowego zdjęcia użytkowania ziemi* (III wyd.), *Dokumentacja Geograficzna*, z. 3, ss. 129.
- Jagła S., Kostuch R., Kurek S., Pawlik-Dobrowolski J., 1981, *Analiza użytkowania ziemi w Karpatach na tle środowiska przyrodniczego*, *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, z. 22, s. 39-66.
- Jankowski W., 1970, *Drugie brytyjskie zdjęcie użytkowania ziemi*, *Przegląd Geograficzny*, t. XLII, z. 4, s. 757-762.
- Jelonek A., 1961, *Z badań nad użytkowaniem ziemi w powiecie limanowskim*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, z. 4, s. 71-94.
- Józwiak J., Podgórski J., 1998, *Statystyka od podstaw*, ss. 549.

mension using surface trend analysis. Proportions of the areas covered by specific land use types were calculated for watersheds and Thiessen polygons, not for administrative units which were used in the former research. In the statistical analysis qualitative land use data were used as a binary variable, enabling application of the logistic regression and point two-series correlation coefficient.

The main features of land use pattern, spatially related to morphometry of the Western Beskidy Mts., are horizontal gradients of the elevation of forest-agriculture boundary and of the proportion of coniferous forests. Increase of forest-agriculture boundary eleva-

tions and proportions of coniferous forests from north (north-west) to south (south-east) reflect the general increase of terrain elevations and related variability of environmental conditions. Two statistical measures applied provided similar results on spatial relationships between land use and terrain morphometry. Results of the research confirm the impact of morphometrical parameters on land use spatial variability. These parameters explain the spatial arrangement of forests and agriculture land but do not explain the distribution of forest categories (e.g. proportion of coniferous forests).

BOGDAN ZAGAJEWSKI¹

ZASTOSOWANIE GEOINFORMACJI W BADANIACH WPLYWU ABIOTYCZNYCH KOMPONENTÓW ŚRODOWISKA NA ROZMIESZCZENIE ROŚLINNOŚCI W NARWIAŃSKIM PARKU NARODOWYM I JEGO OTULINIE

Słowa kluczowe:

geoinformacja, roślinność, środowisko, GIS, Narwiański Park Narodowy

Abstrakt

Publikacja prezentuje metody ilościowej analizy wpływu abiotycznych komponentów środowiska na stan i zróżnicowanie występowania zbiorowisk roślinnych w Narwiańskim Parku Narodowym i jego otulinie (NPN). Dotyczy to ustalenia jakości tego wpływu, jego hierarchii, a przede wszystkim ilościowej analizy związków łączących typy zbiorowisk ze spadkami terenu, utworami powierzchniowymi, głębokością do pierwszego poziomu wodonośnego, wilgotnością i typami gleb, spadkami i ekspozycją terenu.

Materiały źródłowe pochodzą z badań terenowych i kartowań przeprowadzonych pod koniec lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku na obszarze ówczesnego Narwiańskiego Parku Krajobrazowego. Uzupełnieniem są zdjęcia lotnicze i satelitarne oraz mapy topograficzne z tamtego okresu.

Efektom pracy jest: statystyczna analiza stanu roślinności rzeczywistej NPK; określenie naturalności roślinności, wykazanie stopnia jej odkształcenia; wykazanie powiązań pomiędzy abiotycznymi komponentami środowiska a występowaniem zbiorowisk roślinnych, hierarchizacja omawianych zależności oraz określenie amplitudy siedliskowej poszczególnych zbiorowisk.

GEOINFORMATION IN THE INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE ABIOTICAL COMPONENTS CONDITIONING ON THE VEGETATION DISTRIBUTION IN THE NAREW RIVER NATIONAL PARK

Key words:

geoinformation, vegetation, environment, GIS, Narew River National Park

Abstract

The paper presents the influence and analysis of the abiotical components on the vegetation distribution and transformation. The research area is the Narew River National Park (Polish acronym: NPN) along with the surrounding protective zone, located in the north-east part of Poland. The valley of the Narew river is characterised by the dense

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Teledetekcji Środowiska

naturalnością, bogactwem kulturowym oraz przyjemnością płynącą z eksploracji Parku.

Za główne walory Parku należy uznać naturalność i osobliwość stosunków hydrologiczno-siedliskowych. Bogata sieć koryt rzecznych, które na wielu odcinkach zajmują całą dolinę (2-4 km), mały spadek (średnio 0,15‰), powolny nurt oraz płaski zatorfiony teren powodują, że przepływ powierzchniowych i gruntowych wód jest hamowany i ulega spiętrzaniu, a cały obszar znajduje się w zasięgu długotrwałego zalewu wód rzecznych, rozprawdzanych po nim gęstą siecią koryt. W okresie wiosennych i letnich wezbrań woda płynie całą szerokością doliny. Następstwem tego jest wodno-bagienny układ środowiska o specyficznych warunkach ekologicznych, odmiennych w porównaniu z warunkami w innych dolinach rzecznych. Konsekwencją jest mozaika ekosystemów powstałych ze środowisk: wodnych, wodno-łąkowych, łąkowo-bagiennych i łąkowych (Banaszuk 1996).

Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym Polski (Kondracki 1988) obszar Parku znajduje się w czterech mezoregionach: dolina górnej Narwi (od Suraża do Rzędzian), Kotlina Biebrzańska (od Rzędzian do Żółtek), Wysoczyzna Białostocka (na wschód od doliny Narwi) oraz Wysoczyzna Północnomazowiecka (na zachód od doliny Narwi).

W podziale Polski na regiony fotomorficzne J. R. Olędzkiego (2001) teren badań znajduje się częściowo w obrębie: Wysoczyzny Wysokomazowieckiej Północnej, przełomowej doliny Narwi i Wysoczyzny Białostockiej.

1.2. Cel badań

Wychodząc zatem od ogólnych i stwierdzonych obserwacji wpływu utworów powierzchniowych, gleb, wód podziemnych, wilgotności, nachylenia zboczy i ich ekspozycji na rozwój i rozmieszczenie roślinności, a także posiadając szczegółowe i wiarygodne dane oraz niezbędny warsztat badawczy, celowe jest określenie wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym i jego otulinie. Dotyczy to ustalenia jakości tego wpływu, jego hierarchii, a przede wszystkim

ilościowej analizy związków łączących poszczególne zbiorowiska z wymienionymi komponentami i ich cechami.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Materiałem dokumentacyjnym są oryginalne mapy: roślinności rzeczywistej, utworów powierzchniowych, typów gleb, wilgotności gleb, głębokości do pierwszego poziomu wodonośnego, spadków i ekspozycji oraz topograficzne w skali 1:10 000, zdjęcia lotnicze i satelitarne, a także punkty i opisy pomiarowe. Treść map tematycznych została w trakcie badań terenowych wrysowana w mapy topograficzne w skali 1:10 000 (układ współrzędnych 1965), część z nich została zgeneralizowana przez autorów do skali 1:25 000. Na postać numeryczną zostały przetworzone mapy w skali 1:25 000.

Przeprowadzona analiza roślinności rzeczywistej obejmuje 109 wydzieleni zawartych na 5170 poligonach (stanowią one pole podstawowe do analiz). W niniejszym artykule zakres analiz został ograniczony do 7 typów zbiorowisk (Solon 1987): leśne i zaroślowe siedlisk mokrych i wilgotnych; leśne i zaroślowe siedlisk świeżych i suchych; szuwarowe; torfowiskowe; łąki i pastwiska; suche murawy i traworośla oraz rudealne i segetalne.

Stopień naturalności fitocenoz opierał się na wskaźniku antropizacji roślinności (Kostrowicki, Plit, Solon 1988). Poszczególnym klasom antropizacji odpowiadają następujące grupy roślinności:

- 1) zbiorowiska finalne, leśne i nieleśne;
- 2) naturalne zbiorowiska leśne o zaburzonej strukturze;
- 3) lasy odroślowe, naturalne zbiorowiska zaroślowe, naturalne, sukcesyjne, nieużytkowane zbiorowiska trawiaste (np. murawy piaskowe i kserotermiczne);
- 4) wieloletnie, kośne zbiorowiska trawiaste;
- 5) wieloletnie, pastwiskowe zbiorowiska trawiaste;
- 6) dojrzałe lasy sadzone na niewłaściwym siedlisku;
- 7) leśna sukcesja wtórna;

określona jest mocą powiązań. Suma mocy powiązań badanych komponentów określiła amplitudę siedliskową, tzn. zakres warunków, w jakich może występować dane zbiorowisko.

Wskaźnik mocy powiązań (1), (2)

$$W = \frac{P_{rg}}{P_g} \text{ gdy } P_g < P_r \quad (1)$$

$$W = \frac{P_{rg}}{P_r} \text{ gdy } P_r < P_g, \quad (2)$$

P_{rg} - całkowita powierzchnia, na której występują obie badane cechy,

P_r - całkowita powierzchnia (frekwencja) komponentu z cechą r,

P_g - całkowita powierzchnia (frekwencja) komponentu z cechą g.

Matematyczny zakres uzyskiwanych wyników zamyka się w granicach <0-1>, w przypadku gdy poszczególne płaty badanych komponentów nie pokrywają się, obliczony wskaźnik osiąga wartość zero. Wartość maksymalna (1) jest osiągana, gdy oba komponenty współwystępują i charakteryzują związki trwałe i stabilne.

Uzyskane wartości wskaźnika mocy powiązań zostały sklasyfikowane w następujące typy związków (Bezkowska 1986): bardzo słabe, $wmp = (0,0-0,2>$; słabe, $wmp = (0,2-0,4>$; przeciętne, $wmp = (0,4-0,6>$; mocne, $wmp = (0,6-0,8>$; bardzo mocne, $wmp = (0,8-1>$.

Moc powiązań (3) pozwala na porównania jakości zależności występujących pomiędzy roślinnością a poszczególnymi abiotycznymi komponentami środowiska.

$$mp = (wmp_1 * \%pt_1) + \dots + (wmp_n * \%pt_n) \quad (3)$$

wmp_1 – obliczony wskaźnik mocy powiązań dla danego zbiorowiska roślinnego i pierwszej cechy danego komponentu,

$\%pt_1$ – procentowy udział powierzchni pierwszej cechy danego komponentu w danym zbiorowisku roślinnym,

wmp_n – obliczony wskaźnik mocy powiązań dla danego zbiorowiska roślinnego i n-tej cechy danego komponentu,

$\%pt_n$ – procentowy udział powierzchni n-tej cechy danego komponentu w danym zbiorowisku roślinnym.

Podobnie jak w przypadku wskaźnika mocy powiązań została dokonana klasyfikacja mocy powiązań na związki: bardzo słabe, $mp = <100>$; słabe, $mp = (100-200>$; przeciętne, $mp = (200-300>$; mocne, $mp = (300-400>$ oraz bardzo mocne, $mp = (400-500>$. Wartości mocy powiązań pozwalają na wskazanie zakresu występowania zbiorowiska na danym komponentie. Niskie wartości wskazują, iż zbiorowisko występuje na wielu cechach i nie jest z nimi silnie powiązane. Wysokie wartości zarezerwowane są dla fitocenoz, które występują na niewielu cechach; jedna z nich jest silnie dominująca i współzależność jest bardzo mocna. Powyższa obserwacja odpowiada definicji amplitudy ekologicznej (Krebs 1972). Wysokie wartości mocy powiązań świadczą, iż gatunki danego zbiorowiska posiadają wąską amplitudę i są to zbiorowiska stenotopowe, natomiast – eurytopowe osiągają niskie wartości mocy powiązań.

WYNIKI

1.5. Zależność występowania zbiorowisk roślinnych i spadków terenu

Obszar doliny Narwi oraz otaczające wysoczyzny są generalnie płaskie, wyraźniejsze urozmaicenia terenu występują lokalnie, niemniej, ze względu na stosunkowo małe powierzchnie, w skali całego Parku nie mają one większego znaczenia. Dla fragmentów dolinnych moc powiązań mierzona w typach zbiorowisk (tab. 1), jak i w poszczególnych zbiorowiskach roślinnych jest bardzo wysoka (bliska maksymalnej wartości 500).

Teren płaski umożliwia utrzymanie się wysokiego poziomu wody i wytworzenie specyficznych warunków siedliskowych oraz zbiorowisk roślinnych. Zbiorowiska leśne i zaroślowe siedlisk świeżych i suchych oraz

wiązane z terenami zupełnie płaskimi. Pomimo niewielkich udziałów powierzchni zbiorowisk na terenach bardziej nachylonych, wskaźniki mocy powiązań wskazują na średnie bądź mocne zależności współwystępowania. Średnia moc powiązań dla typów zbiorowisk przekracza wartość 400 - związek ma bardzo mocny charakter (tab. 1).

1.6. Zależność występowania zbiorowisk roślinnych i utworów powierzchniowych

Przeprowadzone analizy wykazały, że istnieje silny związek pomiędzy utworami powierzchniowymi a zbiorowiskami roślinnymi. Omawiana zależność ustępuje relacji roślinność-spadki terenu. Średnia moc powiązania dla 109 zbiorowisk roślinnych wynosi 356. W skali typów zbiorowisk potwierdza się istnienie silnej zależności.

W budowie dna doliny dominują torfy, natomiast piaski gliniaste na obszarach wysoczyznowych. Wymienione utwory, obok piasków luźnych, determinują występowanie roślinności. W skali całego Parku najsilniej powiązane są torfy i zbiorowiska szuwarowe (ponad 92% szuwarów występuje na torfach). Piaski gliniaste ze zbiorowiskami ruderalnymi i segetalnymi wykazują także bardzo silne związki (87%), a żwiry, pomimo niewielkiego udziału w ogólnej powierzchni Parku, wykazują bardzo silne związki ze zbiorowiskami antropogenicznymi (tab. 2). Szczegółowe wyniki mocy powiązań pomiędzy zbiorowiskami roślinnymi a utworami powierzchniowymi wskazują, iż żwiry nie odgrywają istotnej roli w kształtowaniu roślinności. Podobnie, aczkolwiek z kilkoma wyjątkami, sytuacja wygląda z glinami i pyłami. W pierwszym przypadku zbiorowisko zarastających ugorów z dominacją rumianku pospolitego (*Matricaria chamomilla*) w ponad 64% występuje na glinach, a pastwisko *Lolio-Cynosuretum* z udziałem *Lolium multiflorum* w prawie 26%. Natomiast w podłożu pastwiska *Lolio-Cynosuretum* z udziałem pojedynczych drzew iglastych aż w 92,8% występują pyły, także w połowie powierzchni zbiorowiska z dominacją jeżogłówki znajdują się pyły.

1.7. Zależność występowania zbiorowisk roślinnych i głębokości do pierwszego poziomu wodonośnego

Wykonane obliczenia nie wykazały tak silnej zależności pomiędzy rozmieszczeniem zbiorowisk roślinnych a głębokością do pierwszego poziomu wodonośnego, jak to można było zaobserwować w poprzednich analizach. Dość wyraźnie różnicuje się północna, zmeiorowana i południowa część Parku.

W południowej, na odcinku Suraz - Łupianka Stara, omawiana zależność jest bardzo mocna, podobna sytuacja ma miejsce w okolicach Zawad i Baciut oraz w licznych, małych fragmentach doliny. Na pozostałym obszarze dna doliny Narwi zależność ta jest mocna. Na wysoczyźnie zdecydowanie dominują związki słabe, które są tłem przeciętnych. W ujęciu ogólnym (typy zbiorowisk) obliczona średnia moc powiązań dla całego Parku wynosi 304, natomiast średnia z poszczególnych zbiorowisk jest nieznacznie wyższa i wynosi 334.

Zbiorowiska torfowiskowe występują prawie wyłącznie na obszarach, gdzie głębokość do pierwszego poziomu wodonośnego jest mniejsza niż 1 m. W przypadku szuwarów 75% zbiorowisk ma do pierwszego poziomu mniej niż 1 m, a 25% mniej niż 2 m. Świeże i suche zbiorowiska leśne i zaroślowe zlokalizowane są głównie na terenach o większych głębokościach do wody (2-5 m). Natomiast synantropijne fitocenozy wykazują silne związki ze znaczną głębokością do wody (10-20 m) (tab. 3).

Szczegółowe informacje o każdym zbiorowisku generalnie potwierdzają ogólne spostrzeżenia. W wielu przypadkach można zaobserwować, że zbiorowiska należące do tego samego związku posiadają zupełnie inne preferencje. Jako przykład mogą służyć zbiorowiska z *Phragmition*. Szuwar skrzypowy w całości występuje na naj płytszych miejscach (poniżej 1m). Szuwar tatarakowy wyraźnie preferuje wilgotne siedliska (86,5% powierzchni ma do pierwszego poziomu wodonośnego mniej niż jeden metr), podobnie pałka wąsko- i szerokolistna, trzcina (67% - < 1m), a w 32% ma poniżej 2 m do poziomu wód gruntowych. Dokładnie odwrotna sytuacja ma miejsce w przypadku zbiorowisk rzepichy

Tabela 4. Zależność pomiędzy typami zbiorowisk a wilgotnością gleby (% - udział procentowy danej wilgotności w ogólnej powierzchni danego typu zbiorowisk; wmp – wskaźnik mocy powiązań).

Table 4. Relationship between vegetation types and soil moisture (% - surface fraction of soil moisture classes in vegetation types, wmp - coefficient of connection's power).

Zbiorowiska	Dno doliny Narwi. Wilgotność stała > 20%		Obniżenia dolinne i zagłębienia z wilgotnością > 20 % stałym spadkiem		Dna dolin denudacyjnych. Wilgotność 10-20 % często > 20 %		Obszary przydolinne z dużymi wahaniami w granicach 10-20 %		Pola uprawne i lasy. Wilgotność 5-10 %, okresowo > 10%		Pola uprawne i lasy. Wilgotność 5-10 %, okresowo < 5%		Pola uprawne i lasy. Wilgotność stała < 5 %		Wilgotność zróżnicowana i zależna od budowy geologicznej		Moc powiązania
	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	
leśne i zaroślowe siedlisk mokrych i wilgotnych	54	3	18	2	8	1	5	1	13	1	1	1	0	1	1	1	226
leśne i zaroślowe siedlisk świeżych i suchych	0	1	2	1	3	1	4	1	60	4	21	3	8	5	0	1	355
szuwarowe	95	5	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	482
torfowiskowe	81	5	5	1	1	1	8	1	3	1			0	1	2	1	424
łąki i pastwiska	21	2	17	3	16	4	10	3	33	2	1	1	0	1	2	2	259
suche murawy i traworośla	34	2	1	1	3	1	21	2	27	2	85	1	1	1	3	1	183
ruderalne i segetalne	1	1	1	1	3	1	2	1	83	5	8	3	0	1	2	3	454

Tabela 5. Zależność pomiędzy typami zbiorowisk a typami gleb (% - udział procentowy danego typu w ogólnej powierzchni danego typu zbiorowisk; wmp – wskaźnik mocy powiązań).

Table 5. Relationship between vegetation types and soil types (% - surface fraction of soil type classes in vegetation types, wmp - coefficient of connection's power).

Zbiorowiska	gleby biellicowe i pseudobiellicowe		gleby brunatne właściwe		gleby kwaśne i wylugowane brunatne		gleby torfowo-rmulowe		czarne ziemie właściwe		czarne ziemie zdegradowane i ziemie szare		mady		gleby glejowe		gleby torfowe i murszowo-torfowe		gleby murszowo-mineralne i murszowate		tereny zabudowane		moc powiązania
	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	%	w m p	
leśne i zaroślowe siedlisk mokrych i wilgotnych	3	1	0	1	7	1	11	1	3	1	3	1	3	2	0	1	51	3	19	2	0	1	223
leśne i zaroślowe siedlisk świeżych i suchych	25	2	1	1	55	3	5	1	2	1	2	1	0	1			2	1	7	1	0	2	236
szuwarowe	2	1	0	1	1	1	14	3	7	1	0	1	0	1	0	3	79	5	2	1	0	1	443
torfowiskowe	1	1			5	1	2	1	1	1	0	1	1	1			76	4	14	1	0	1	328
łąki i pastwiska	5	1	2	1	12	1	8	2	13	3	10	3	3	3	0	2	23	2	23	3	1	2	230
suche murawy i traworośla	6	1	2	1	38	2	10	1	1	1	2	1	9	1			13	1	17	1	2	1	138
ruderalne i segetalne	21	4	8	5	49	4	0	1	7	3	6	3	0	1	0	1	1	1	3	1	3	5	383

1.11. Hierarchia mocy powiązań roślinności i komponentów środowiska

Jak wykazały badania, na zróżnicowanie roślinności wpływa szereg czynników. Oddziałują one ze zróżnicowanym natężeniem na poszczególne fitocenozy. Czynnikiem o największej skali oddziaływania są spadki terenu. Najwyraźniej daje się to zaobserwować w dnie doliny Narwi. Niewielkie deniwelacje terenu powodują długotrwałe zaleganie wód i wykształcenie specyficznych ekosystemów.

Kolejną grupę stanowią czynniki związane z podażą substancji mineralnych dla roślin. Są to głównie utwory powierzchniowe, które pozwalają na wykształcenie się określonych gleb, a jednocześnie są źródłem minerałów i elektrolitów. Warstwa utworów powierzchniowych w sposób bardzo wyraźny współdecyduje o rozwoju roślinności zarówno dolinnej, jak i wysoczyznowej. W przypadku 40 zbiorowisk obserwuje się bardzo mocne powiązanie z litologią, w 37 kolejnych fitocenozach związek jest mocny, 30 zbiorowisk powiązane jest przeciętnie i tylko 2 słabo.

Na trzecim miejscu uplasowały się zagadnienia bezpośrednio związane z podażą wody. Zależność pomiędzy wilgotnością gleby a jej zmianami w skali całego Parku jest dość wyraźna. Na obszarze dna doliny Narwi współwystępowanie roślin i stałej wilgotności powyżej 20% jest praktycznie całkowite, tzn., że poza nielicznymi wyjątkami (szczególnie na północy) zależność jest bardzo silna.

Zależność występowania roślinności od głębokości do pierwszego poziomu wodonośnego jest słabsza niż wyżej wymienione związki. W dolinie dominują mocne, lokalnie bardzo mocne współzależności, a na wysoczyźnie słabe oraz przeciętne moce powiązań.

Lokalnie istotną rolę odgrywają typy gleb oraz ekspozycja terenu. W przypadku gleb dotyczy to głównie doliny, gdzie występują mocne i bardzo mocne związki. Na pozostałym obszarze dominują przeciętne zależności.

Ekspozycja terenu najslabiej determinuje rozmieszczenie roślinności. Związek słaby zdecydowanie dominuje i to zarówno w dolinie, jak i na otaczających

ją obszarach. Na wzniesieniach, znajdujących się na wysoczyznach, miejscami występuje przeciętna współzależność. Zupełnie punktowo rozmieszczone są fitocenozy wykazujące mocne związki z ekspozycją terenu.

WNIOSKI

W niniejszym opracowaniu ujawnił się dialektyczny charakter badań – przejścia od dużej liczby jakościowych danych tematycznych do ich precyzyjnej ilościowej charakterystyki i hierarchizacji istniejących współzależności (Zagajewski 2002). Przeprowadzone badania wykazały, że:

- Pomimo intensywnie postępujących, przeciwnych sobie procesów fragmentacji i homogenizacji środowiska struktura przestrzenna roślinności, dobór materiałów i metod pozwoli na określenie zależności pomiędzy abiotycznymi komponentami środowiska a występującymi zbiorowiskami roślinnymi.
- Narzędzia komputerowe umożliwiły zgromadzenie danych, przystosowanie do wspólnej skali i układu odniesienia oraz wykonanie analiz w sposób obiektywny.
- Uzyskane wyniki wskazują, że najważniejszymi komponentami dla roślin są: rzeźba terenu, utwory powierzchniowe oraz wilgotność gleby. Kilkanaście zbiorowisk jest indykatorem poszczególnych komponentów.
- Interesujące są zbiorowiska, których amplitudy siedliskowe osiągnęły zarówno wysokie, jak i niskie wartości. W pierwszym przypadku oznacza to, że fitocenozy wskazują stan środowiska (fitoindykatory), i wszelkie jego zmiany będą się objawiały zmianami w składzie gatunkowym zbiorowiska lub zajmowanym areale. Rośliny o szerokiej amplitudzie stanowią poważne źródło konkurencji, wypierając gatunki o węższych zakresach.
- Podobnie może się dzieć podczas świadomego lub nieświadomego generowania przez człowieka nisz ekologicznych. Mogą one być niekorzystne dla środowiska, ponieważ ułatwiają

- jobrazowego*, [w:] Czyżewska K. (red.), *Roślinność Bolimowskiego Parku Krajobrazowego. Monographiae Botanicae*, vol. 85, Polskie Towarzystwo Botaniczne, Dyrekcja Bolimowskiego Parku Krajobrazowego, Warszawa-Łódź.
- Richling A., 1083, *Metody badania powiązań pomiędzy komponentami środowiska geograficznego*, Prace i Studia Geograficzne, t. 4.
- Richling A., 1992, *Kompleksowa geografia fizyczna*, PWN, Warszawa.
- Ricklefs R. E., Schluter D., 1993, *Species diversity in ecological communities*, University of Chicago Press, Chicago.
- Rosenzweig M. L., 1995, *Species diversity in space and time*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Solon J., 1987, *Lądowe zbiorowiska roślinne*, [w:] Olędzki J. R. (red.). *Przygotowanie i przeprowadzenie eksperymentu Telegeo-87 „Narew” oraz opracowanie wyników*, IGiPZ PAN, Warszawa, maszynopis.
- Starkel L. (red.), 1978, *Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej*, Prace Geograficzne, nr 125, IGiPZ PAN.
- Wołk-Musiał E., Zagajewski B., 2001, *DTM in geomorphological analysis of deglaciation forms in the north-eastern part of Poland*, [w:] Buchroithner M. F. (red.), *A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation. Proceedings of the 20th EARSeL Symposium Dresden 14-16.06.2000*, A.A. Balkema Publishers, ss. 353-358, Lisse.
- Zagajewski B., 2002, *Zastosowanie geoinformacji w badaniach wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym i jego otulinie*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa, maszynopis.

KRONIKA PRAC KOMISJI

W okresie od 1 października 2003 roku do 30 czerwca 2004 odbyły się następujące posiedzenia naukowe Komisji:

- 8 października 2003 roku** z referatem prof. dr. hab. inż. Bogdana Cianciary (Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Zakład Geofizyki) pt. „Problemy identyfikacji procesów geodynamicznych w górotworze poddawanych eksploatacji górniczej”;
- 12 listopada 2003 roku** z referatem dr. Bogdana Zagajewskiego (Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Teledetekcji Środowiska) pt. „Analiza wpływu abiotycznych komponentów środowiska na rozmieszczenie roślinności w Narwiańskim Parku Narodowym z wykorzystaniem technik geoinformacyjnych”;
- 10 grudnia 2003 roku** z referatem prof. dr. hab. inż. Jerzego Gaździckiego (prezes Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej, Warszawa) pt. „Społeczeństwo geoinformacyjne”;
- 14 stycznia 2004 roku** z referatem dr. inż. Janusza Magiery (Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Złóż Surowców Skalnych) pt. „Analiza przestrzenna aluwii i złóż kruszyw naturalnych w dolinie górnej Odry”;
- 18 lutego 2004 roku** z referatem dr. Marka Baranowskiego (United Nations Environment Programme/Global Resource Information Database – Centrum

Informacji o Środowisku) pt. „Kartograficzne aspekty terminologii geomatycznej”;

- 10 marca 2004 roku** z referatem prof. dr. hab. Andrzeja Makowskiego (Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii) pt. „Mapa – pułczyna kulturowa postaci przekazu geoinformacji”;
- 14 kwietnia 2004 roku** z referatem prof. dr. hab. inż. Tadeusza Chrobaka (Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Zakład Geodezji i Kartografii) pt. „Proces redakcji kartograficznej wspierany automatyczną generalizacją”;
- 12 maja 2004 roku** z referatem dr. Janusza Michałaka (Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Zakład Hydrogeologii) pt. „Modele pojęciowe hydrogeologicznej informacji geoprzestrzennej”;
- 9 czerwca 2004 roku** z referatem dr. Mateusza Trolla (Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład GIS) pt. „Międzynarodowy program EOS (Earth Observing System) – nowa era w badaniach Ziemi”.

Streszczenia referatów ukażą się w kolejnym tomie „Sprawozdań z czynności i posiedzeń PAU”. Streszczenia referatów wygłoszonych na posiedzeniach w trzecim roku działalności Komisji (2001) znajdują się w tomie LXV/2001 (Kraków 2001) tychże „Sprawozdań ...”.

INFORMACJE O KONFERENCJACH

Ogólnopolskie interdyscyplinarne sympozjum:

„Geoinformacja zintegrowanym narzędziem badań przestrzennych”

Wrocław-Polanica Zdrój,
15-17. 09. 2003 r.

Geoinformacja, geoinformatyka, w tym geoinformatyka obrazowa, cieszą się stale wzrastającym zainteresowaniem specjalistów wielu branż, od geologów i geofizyków poczynając po geografów i kartografów. Poczesne miejsce w tych zainteresowaniach zajmują fotogrametria i teledetekcja oraz systemy informacji przestrzennej.

Komisja Geoinformatyki Polskiej Akademii Umiejętności już po raz trzeci uczestniczy w organizacji ogólnopolskiego interdyscyplinarnego sympozjum dotyczącego geoinformatyki.

Pierwsze sympozjum z udziałem PAU zorganizowano w 2000 roku w Krakowie i Kalwarii Zebrzydowskiej, w 70 rocznicę powstania Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji. Sympozjum, które odbyło się pod hasłem „Fotogrametria, teledetekcja i GIS u progu trzeciego tysiąclecia”, patronowały Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji, Komisji Geoinformatyki PAU oraz Sekcja Fotogrametrii i Teledetekcji Komitetu Geodezji PAN. Głównym organizatorem był Zakład Fotogrametrii AGH.

Rok później, w 2001 roku, Komisja Geoinformatyki PAU była współorganizatorem pierwszego sympozjum pt. „Geoinformacja zintegrowanym narzędziem

badań przestrzennych”, które odbyło się w Wysowej. Inicjatorami zorganizowania cyklu sympozjów pod tym hasłem były: Zakład Teledetekcji Środowiska Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego oraz Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji. Organizatorem kierowniczym został Klub Teledetekcji Środowiska Polskiego Towarzystwa Geograficznego i Zakład Teledetekcji Środowiska Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Przy organizacji sympozjum współpracowały: Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji, Komisja Geoinformatyki PAU, Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie oraz Komisja Teledetekcji Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN.

Po raz trzeci Komisja Geoinformatyki PAU uczestniczyła w organizacji ogólnopolskiego interdyscyplinarnego sympozjum geoinformatycznego w 2003 roku. Sympozjum to, drugie z kolei odbywające się pod hasłem „Geoinformacja zintegrowanym narzędziem badań przestrzennych”, miało miejsce we Wrocławiu-Polanicy Zdroju w dniach 15-17 września 2003 roku. Przewodzącymi organizatorami tego sympozjum było Stowarzyszenie Kartografów Polskich oraz Katedra Geodezji i Fotogrametrii Wydziału Inżynierii, Kształtowania Środowiska i Geodezji Akademii Rolniczej we Wrocławiu, a współorganizatorami były: Sekcja Kartografii Komitetu Geodezji PAN, Komisja Geoinformatyki PAU, Klub Teledetekcji Środowiska Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji, Polskie Towarzystwo In-

dzie: M. Gruszczyńska, A. Hościło, K. Stankiewicz, W. Kowalik przedstawili zmiany środowiska Biebrzańskiego Parku Narodowego w świetle wieloczasowych zdjęć satelitarnych wykonanych w widmie optycznym i mikrofalowym. Dwa następne referaty z Krakowa: „Teledetekcyjny monitoring środowiska w rejonie wysadów solnych z wykorzystaniem zobrazowań satelitarnych systemu Landsat (ETM+)” autorstwa S. Mularza (AGH) oraz „Skaner hiperspektralny AISA (Airborne Imaging Spectrometer for Applications) jako narzędzie pozyskiwania informacji o ekosystemie leśnym” P. Wężyka i B. Wertza (AR), a także „Nowe techniki wymiany i gromadzenia informacji a dane fotogrametryczne” R. Jędrzycki (UWM) dotyczyły zastosowania nowych narzędzi i technik do badań w geoinformacji.

Sesję popołudniową: *Rola mapy w modelowaniu i prezentacji geoinformacji* (SKP, SK KG PAN) prowadził prof. A. Makowski. Referaty dotyczyły głównie map topograficznych. Prof. I. Gajderowicz (UWM) przedstawił lokalne układy współrzędnych. Koledzy z Katedry Kartografii Politechniki Warszawskiej mówili o zagadnieniach kartograficznych w różnych etapach tworzenia mapy topograficznej: „Baza Danych Topograficznych a produkcja map topograficznych” - D. Gotlib (GUGiK), „Od obiektu terenowego do jego odpowiednika na mapie i w bazie danych” - M. Stankiewicz, „Modelowanie kartograficzne z wykorzystaniem neurorozmytych automatów komórkowych” - R. Olszewski. Tematycznie uzupełniał te zagadnienia referat prof. T. Chrobaka (AGH) o metodzie uogólnienia danych w procesie generalizacji obiektów liniowych. Praktyczne aspekty konstrukcji map tematycznych przedstawił prof. Z. Ustrnul i D. Czekierda (IMGW Kraków) w referacie: „Konstrukcja map temperatury powietrza Polski z wykorzystaniem GIS”.

Następne dwie równoległe sesje posterowe zajęły resztę popołudnia. Każdy z autorów miał 3 minuty na prezentację przed zgromadzoną publicznością, a potem godzinę na indywidualne dyskusje przy posterach.

Jedną z sesji pt. *Fotogrametria* prowadził K. Pyka (UMWM, AGH). Postery dotyczyły skaningu laserowego - U. Marmol (AGH), A. Borkowski (AR Wrocław), georadaru - Ł. Ortyl (AGH), rozkładu irradycji nieba - J. Cierniewski, T. Gdala (UAM). Częstym tematem były

powierzchnie odwzorowane na zdjęciach lotniczych i satelitarnych, o różnym sposobie użytkowania - S. Królewicz (UAM), T. Pirowski (AGH), K. Koniński, T. Kozłowska (IMUZ), A. Krężel, M. Kowalewski (UG), B. Hejmanowska, E. Głowienka (AGH), P. Gołuch (AR Wrocław), S. Follehr, P. Jaszczak, M. Piskorz, R. Zieliński (PW – studenci). Szczególnie dużo posterów dotyczyło zdjęć terenów zalesionych - A. Boroń, M. Borowiec (AGH), K. Będkowski, J. Mozgawa, H. Norman (SGGW), M. Wrzesień (UW), A. Hościło (IGiK). Trzy postery przedstawiały zastosowania fotogrametrii do różnego rodzaju inwentaryzacji budynków: S. Mularz, A. Wróbel, R. Tokarczyk, M. Brodzińska W. Mierzwa, A. Rzonca (AGH). Innymi zagadnieniami były ortofotomapy cyfrowe w internecie - P. Wężyk (AR Kraków) i A. Świąder (ProGea Consulting, Kraków).

Równoległe E. Bielecka prowadziła sesję *Systemy Informacji Geograficznej*. Tematyka dotyczyła zastosowania Geograficznych Systemów Informacyjnych w: klimatologii i meteorologii - I. Dyras, D. Serafin-Rek, B. Łapeta (IMGW Kraków), J. Bac-Bronowicz, A. Borkowski (AR Wrocław), ochronie przyrody - J. Adamczyk (SGGW), J. Zaczek-Peplińska (PW), tworzeniu numerycznych modeli terenu na podstawie różnych źródeł - K. Osińska-Skotak, J. Zaczek-Peplińska (PW), M. Krówczyńska (UW), M. Kamieński (PIG), kartografii morza - A. Makar, K. Naus, D. Szulc (AMW Gdynia), geologii - S. F. Jucha, J. Kotlarczyk, W. Mastej (AGH). Sporo miejsca poświęcono klasyfikacjom: obiektowej - W. Hanik (Geosystems Polska), K. Zaremski (ZST UW), eksperckiej - J. Pluto-Kossakowska (PW), metodami sztucznej inteligencji - M. Krówczyńska, M. Sobczak (ZST UW). Modele potencjału geograficznego były tematem prezentacji P. Wernera (UW). Inne postery dotyczyły ogólnych zagadnień geoinformacji - A. Łaszczuk (AON), P. Wysocki (UWM). Trzy postery poświęcone były kartografii internetowej - mapy i plany miast - J. Górski i M. Leszczyńska (UWM) i E-język „tekst-grafika” - A. Tarnowski (UWM).

W środę rano prof. A. Ciołkosz poprowadził sesję *Fotogrametria bliskiego zasięgu* (PTFiT, KTŚ). Dwa pierwsze referaty przedstawiali pracownicy AGH: „Współczesne tendencje w zakresie kompresji zdjęć

nie geoinformatyki obrazowej. Skróty referatów, a także prezentacje multimedialne referatów i posterów, oraz komunikaty wydane zostały na CD zaraz po zakończeniu sympozjum. Pełny tekst większości referatów, po uzyskaniu pozytywnych recenzji wydawniczych, przekazany został do druku w czasopiśmie *Geoinformatica Polonica* wydawanym przez PAU lub w interdyscyplinarnym wydawnictwie ciągłym *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*.

Kolejne sympozjum z tej interdyscyplinarnej serii będzie zorganizowane w 2005 roku przez Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej w Warszawie.

Joanna BAC-BRONOWICZ
Józef JACHIMSKI

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW PRAC

Kompletny materiał przeznaczony do druku o objętości nie większej niż 2 arkusze powinien zawierać:

- tekst zasadniczy w języku polskim lub angielskim,
- tytuł w języku polskim i angielskim,
- tabele i rysunki z podpisami w języku polskim i angielskim,
- krótkie abstrakty (do 15 wierszy) i słowa kluczowe w języku polskim i angielskim,
- obszerniejsze streszczenie (do 45 wierszy) w języku alternatywnym (angielskim lub polskim) wobec tekstu zasadniczego.

Dyskietkę z wpisanym tekstem należy przekazać do Redakcji wraz z jednym kompletnym wydrukiem przygotowanej pracy na papierze formatu A4. Liczba wierszy i znaków w jednym wierszu jest dowolna. Należy tylko zachować jednowierszowe odstępy między poszczególnymi akapitami.

Tekst powinien być zapisany w jednym z następujących formatów:

ASCII 8 - prosimy o podanie standardu polskich liter (np. Centralno-europejskie, Latin 2, Mazowia),
WORDPERFECT (wersja 5.0, 5.1 i następne),
WORD FOR WINDOWS (wersja 2.0, 6.0 i 7.0).

Na marginesie nadesłanego wydruku prosimy zaznaczyć miejsca wstawienia rysunków i tabel.

Tytuły i podtytuły należy oddzielić od tekstu światłem górnym i dolnym oraz określić stopień tytułu (I rzędu, II, III... . Rozdział zasadniczy - I rz., podrozdział - II rz., tytuł podrzędny - III rz., itd.) na wydruku.

Tabele należy umieścić w osobnym pliku. Na wydruku każda tabela powinna być opisana nazwiskiem Autora i numerem tabeli.

Wszelkie symbole we wzorach i powołaniach na nie w tekście należy pisać pismem prostym. Ważne jest, by 0 (zero) wpisane było przez klawisz cyfrowy, w celu odróżnienia go od litery O (o).

Powołania w tekście na rysunki, tabele, wzory, rozdziały i podrozdziały - zgodnie z numeracją. W powołaniach na literaturę podajemy w nawiasie okrągłym nazwisko autora i rok wydania, np. (Rysiowa 1969) - jeden autor, (Nowakowski, Kapinos 1992) - dwóch autorów, (Kluz i in. 1972) - więcej niż trzech autorów, a w przypadku prac zbiorowych - tytuł (początek tytułu) i rok wydania (Poradnik... 1971).

Rysunki (możliwe po uzgodnieniu kolorowe) powinny być dostarczone:

- na papierze lub kalce (z podanym nazwiskiem autora i numerem rysunku),
- na dyskietce lub płycie CD-ROM w rozdzielczości: rys. czarno-białe 600 dpi (600 pikseli/cal), rys. kolorowe 300 dpi (300 pikseli/cal),
- w jednym z podanych niżej formatów:
 - a) *.TIF – format zapisu mapy bitowej wykorzystywany przez większość programów obsługujących skanery,
 - b) *.IMG – pliki tworzone przez programy pracujące w środowisku GEM,
 - c) *.PLT – rysunki eksportowane z programów typu CAD,
 - d) *.CGM – format zapisu grafiki wykorzystywany m. in. przez takie programy, jak: HARVARD PACKARD GRAPHICS, APPLAUSE,
 - e) *.CDR z programu CorelDRAW.

Literatura powinna być umieszczona na końcu pracy z oznaczeniem „BIBLIOGRAFIA”.

W trakcie wpisywania tekstu należy przestrzegać następujących zasad:

- nie kończyć poszczególnych wierszy klawiszem ENTER,
- nie stosować zacięć akapitowych za pomocą tabulatora czy spacji,
- poszczególne akapity rozdzielać, wstawiając jedną pustą linię,
- nie dzielić ręcznie wyrazów,
- nie justować poszczególnych linii akapitu za pomocą klawisza spacji,
- nie rozspacjowywać wyrazów (np. t y t u ł),
- nie podkreślać wyrazów, zdań (np. podkreślony).