

Stanisław C. Mularz

TELEDETEKCJA I SYSTEMY INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ (GIS) W BADANIACH GEOLOGICZNYCH, HYDROLOGICZNYCH ORAZ MONITOROWANIU ZJAWISK I PROCESÓW GEODYNAMICZNYCH*

Dorobek Komisji VII zaprezentowany na XIX Kongresie Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS), w zakresie omawianej w niniejszym artykule problematyki obejmował następujące, główne obszary badań:

- Kartografia geologiczno-strukturalna;
- Monitoring i modelowanie przestrzenne (GIS) procesów geodynamicznych;
- Integracja teledetekcji i GIS;
- Modelowanie warunków hydrologicznych;
- Badania właściwości spektralnych.

W zastosowaniach teledetekcji dla potrzeb kartowania geologicznego obserwuje się wyraźne odejście od opracowań w skali regionalnej na korzyść szczegółowych studiów geologiczno-złożowych relatywnie małych obszarów. Rezultaty kartowania fotogeologicznego włączane są zazwyczaj do zasobów bazy danych, gdzie w połączeniu z informacjami geofizycznymi, geochemicznymi oraz cyfrowym modelem wysokościowym (DEM) stanowią podstawę modelowania przestrzennego (GIS).

Tego rodzaju podejście wykorzystywane jest przede wszystkim w aspekcie prospekcyjnym, dla poszukiwań złóż surowców metali kolorowych i kruszców. Interesujący przykład stanowi tutaj praca *A. Porwala, E. Sidsa [T.B7/3, str. 1178-1184]* której autorzy przedstawili model prognostyczny dla poszukiwań złóż surowców polimetalicznych bazujący na teorii zbiorów rozmytych, wykorzystując do tego celu dane w postaci cyfrowych map litologicznych, stratygraficzno-strukturalnych, magnetycznych oraz mapy gęstości lineamentów. Artykuł zawiera ponadto bardzo wszechstronną dokumentację faktograficzną, która zasługuje na szczególne wyróżnienie.

W zakresie kartografii geologiczno-strukturalnej na uwagę zasługują również prace o charakterze metodycznym, których kanwą stanowi zarówno klasyczny model fotointerpretacyjny [*S. Rajendran, V. Chandrasekaren i I. Kannan, T.B7/7, str. 1220-1224*] jak też analiza i interpretacja danych hiperspektralnych pozyskiwanych z pułapu lotniczego, w połączeniu z simultanicznymi pomiarami spektralnymi „in situ” [*K. Staenz i in. T B7/4 str. 1464-1471*].

* Publikację opracowano na podstawie referatów prezentowanych na XIX Kongresie ISPRS w ramach Komisji VII „Monitorowanie zasobów i środowiska”

Pewnego rodzaju novum metodyczne stanowi również udana próba integracji zobrazowań systemu LANDSAT TM, danych aeromagnetycznych oraz cyfrowego modelu wysokościowego (DEM) dla potrzeb kartowania geologicznego regionów arktycznych [E. Schetselaar, Eric de Kemp, T.B7/3 str.1325-1332].

Z kolei interpretacja lineamentów dokonana na podstawie obrazów Landsat i IRS-1 wykazała, iż współczesne ruchy sejsmiczne zachodzą na starych, prekambryjskich założeniach o kierunkach NE-SW i NW-SE a następnie odnowionych w plejstocenie.

Rezultaty interpretacji danych teledetekcyjnych są zgodne z hipotezą tektoniki płyt, zgodnie z którą płyta indyjska zderza się z płytą tybetańską dając obserwowane efekty sejsmiczne i geodynamiczne m.in. osuwiska w skali regionalnej [S.Balji, SM.Ramasamy, T.B7/1, str.101-105].

Warto również odnotować propozycję procedur formalnych przetwarzania cyfrowych obrazów systemu Landsat TM (wzmocnienie kontrastu, maskowanie elementów niepożądanych, analiza PCA) ułatwiających detekcję lineamentów [Montaz Dalati, T.B7/1, str.301-305]. Cechy geologiczno strukturalne określone w oparciu o interpretację zdjęć lotniczych mogą stanowić podstawę do opracowania prognozy poszukiwawczej [V. Sokolova, T.B7/4, str.1431-1436].

Modelowanie GIS dwu- i trójwymiarowe (2D i 3D) dla rejonu złoża złota Zarshuran w Iranie stanowi kapitalny przykład trafnej prognozy geologiczno-złożowej opartej wyłącznie na danych kontaktowych [M. Asadi Haroni, E. Sides, K. Ngonzi, T.B7/1, str. 82-89]. W oparciu o zdefiniowanie cech strukturalnych i jednostek geologicznych, które determinują mineralizację złotonośną dokonano najpierw modelowania 2D (jakościowe i ilościowe) a następnie bazując na zależności pomiędzy danymi geochemicznymi w glebie i w otworach badawczych przeprowadono modelowanie 3D uzyskując statystycznie zasadną prognozę zasobów kruszcu do głębokości 200 m. Stwierdzono dużą zgodność przestrzenną anomalii magnetycznych i anomalii geochemicznych.

Odrębnego omówienia wymaga treść artykułu D. Bannerta pt. „Zastosowania teledetekcji do oceny ryzyka przyrodniczego o geologicznej genezie - doświadczenia zdobyte w Programie GARS UNESCO i IUGS” [T.b7/1, str.113-116]. Program GARS (The Geological Application of Remote Sensing) sponsorowany przez UNESCO i IUGS został zainicjowany w 1983r. i jest adresowany do wszystkich zainteresowanych instytucji oraz laboratoriów teledetekcyjnych w świecie. Ma on na celu ocenę i prognozę tzw. ryzyka przyrodniczego (natural hazard), dokumentowanie i monitorowanie zaistniałych już zjawisk katastrofalnych, oszacowanie zaistniałych szkód i zniszczeń oraz opracowanie zasad skutecznej profilaktyki. Ryzyko przyrodnicze ma w większości przypadków tło geologiczne. Stąd też niezwykle ważnym dla trafności prognozy jest dobre i kompleksowe rozpoznanie budowy geologicznej oraz elementów tektoniki rozpatrywanego obszaru. Autor omawia wdrożone projekty teledetekcyjne w różnych regionach świata, w tym m.in.

- badania erozji elolicznej i jej skutków (Francja, Belgia, Dania, Niemcy, USA);
- badanie osuwisk i zjawisk pokrewnych, których rozpoznanie i śledzenie dynamiki może być prowadzone z pułapu satelitarnego (Landsat TM, SPOT, IRS), dla osuwisk dużych i średnich oraz przy wykorzystaniu zdjęć lotniczych, dla osuwisk małych. Obiecujące rezultaty w tych badaniach dała fuzja radarowych obrazów i DEM oraz satelitarna interferometria radarowa;
- monitoring aktywności wulkanicznej z użyciem optycznych sensorów oraz interferometrii radarowej (m.in. M.St.Helens, USA),

- badania aktywnych tektonicznie i sejsmicznie rejonów (interpretacja danych Landsata dla regionu Himalajów wykazała związek pomiędzy aktywnymi uskoki, wstrząsami tektonicznymi i ruchami masowymi, głównie o charakterze osuwiskowym.

Program GARS nie finansuje bezpośrednio projektów badawczych ale wspiera wymianę idei poprzez organizowane seminaria i warsztaty. W ramach programu działa aktualnie 13 instytucji. Pożądane jest dalsze poszerzanie grona członków. Postuluje się również zacieśnienie kontaktów twórców programów kosmicznych z użytkownikami.

W aplikacjach teledetekcji i GIS dla potrzeb monitoringu i modelowania przestrzennego procesów geodynamicznych na szczególną uwagę zasługują następujące podejścia:

- wykorzystanie interferometrii radarowej dla monitorowania obszarów o szczególnym nasileniu procesów stokowych, zwłaszcza o charakterze osuwiskowym [*V. Singhroy, K. Mattar, T.B7/4, str.1395-1401*]. Wykorzystano do tego celu zarówno wysokorozdzielcze lotnicze zobrazenia radarowe (InSAR), jak też satelitarne dane systemu RADARSAT pozwalające w trybie specjalnym, o rozdzielczości 8 m. Doskonałe walory interpretacyjne dała integracja obrazów InSAR z cyfrowym modelem wysokościowym (DEM). Dotyczy to zwłaszcza elementów morfologiczno-strukturalnych stoków zaangażowanych ruchami masowymi a w szczególności deformacjami typu osuwiskowego.
- zastosowanie satelitarnych zdjęć stereoskopowych systemu MOMS-2P (Modular Optoelectronic Multispectral Scanner) oraz techniki GPS (Global Positioning System) do monitorowania rejonów osuwiskowych w skali regionalnej (Kirgistan). Zdjęcia satelitarne MOMS-2P wykorzystano do wygenerowania cyfrowego modelu wysokościowego (DEM), który stanowił podstawę do szczegółowej analizy geomorfologicznej górskich stoków, położonych w przedziale wysokości 700-2000 m. n.p.m [*S.Roessner i in., B7/3, str.1259-1266*].
- preparowanie map prognostycznych dla oceny zagrożenia osuwiskami o różnym charakterze i genezie [*H. Kojima, Ch-Jo F. Chung, C. J. van Westen T.B7/2, str.701-708*]. Artykuł stanowi rodzaj rozbudowanego studium o dobrej dokumentacji faktograficznej i doskonałych ilustracjach. Wyniki modelowania posłużyły do analizy porównawczej z prognozą klasyczną, którą wykonał zespół ekspertów. Uzyskane tym sposobem mapy różnicowe proponuje się jako materiał podstawowy dla podejmowania decyzji planistycznych;
- modelowanie zagrożenia erozyjnego gleb a w tym:
 - integracja satelitarnych danych systemu LANDSAT TM z cyfrowym modelem wysokościowym na przykładzie obszaru testowego w Turcji [*Sinasi Kaya, T.B7/2, str.670-677*];
 - ocena podatności erozyjnej na podstawie wskaźnika erodowalności uzyskiwanego w rezultacie dzielenia międzykanałowego odpowiednio rzeźbionych zobrażeń LANDSATA TM (TM2/TM4; TM3/TM4) oraz danych chemicznych o zawartości związków żelaza i węgla organicznego w glebie [*M.Shoshany i in. T.B7/4, str. 1385-1388*];
 - analiza multitemporalnych zdjęć lotniczych w połączeniu z prostymi pomiarami stereoskopowymi stanowiła podstawę dla ilościowej oceny rozwoju procesu erozji na obszarze testowym w Nigerii [*E.Okok Eftong-Fuller T.B7/1, str.389-396*];
 - modelowanie i kategoryzacja erozyjna obszarów użytkowanych rolniczo w oparciu o kompleksowe i zakrojone na szeroką skalę badania terenowe na Litwie. Artykuł stanowi próbę całościowego ujęcia problemu erozji gleb w odniesieniu do erozji eolicznej, wodnej oraz erozji mechanicznej. Ta ostatnia związana jest z prowadzeniem

robót inżynierskich, górniczych i prac rekultywacyjnych [*Benediktas Jankauskas, T.B7/2, str.615-622*].

Barwne cyfrowe ortofotografie, w skali 1: 10 000 (rozdzielczość - 1m) wykorzystano z powodzeniem do dokumentowania serii ruchów masowych (spływy błotne i osuwiska), które wystąpiły w dolinie rzeki Sarno, we Włoszech w dniach 5-6 maja 1998 r. Zarejestrowano wówczas około 100 zsuwów, (niektóre o długości ponad 3 km) o łącznej kubaturze około 200 000 m³. Katastrofalny przebieg zjawiska spowodował śmierć 160 osób [*G. Banchini i in. T.B7/1, str.106-112*].

Integracja teledetekcji z Systemami Informacji Geograficznej (GIS) dotyczyła bardzo różnorodnej problematyki. W odniesieniu do zagadnień geologicznych ciekawym przykładem jest praca *R. A. Camita, Raymunda D. C.Leynesa i Nilo, A. Apuada [T.B7/1, str. 221-227]*. Dane teledetekcyjne z Landsata TM oraz zobrazowania radarowe (SAR) dla obszaru testowego Leyeta na Filipinach skojarzono, po odpowiednim przetworzeniu, z danymi petrologicznymi, geochemicznymi i geofizycznymi w środowisku GIS. Pozwoliło to na spójną i kompleksową interpretację obserwowanych tam anomalii hydrotermalnych ustalając w toku analiz przestrzennych ich związki z przebiegiem rozpoznanych wcześniej uskoków oraz wykrytych zdalnie lineamentów i kontaktów litologiczno- stratygraficznych. W analizie cyfrowych danych teledetekcyjnych wykorzystano znane powszechnie procedury NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) oraz PCA (Principal Component Analysis).

Metodologię integracji danych optycznych systemu Landsat TM oraz obrazów radarowych ERS-1.SAR dla monitorowania obszarów, dotkniętych powodzią z wykorzystaniem analiz przestrzennych GIS przedstawiono w pracy pt. „Wykorzystanie satelitarnych danych obrazowych z zakresu optycznego i mikrofal dla opracowania metodologii identyfikacji i wydzielenia obszarów powodziowych” [*Mariana C. Potcoava, Gedge Stancalie, Dan Raducana, T.B7/3, str. 1185-1190*]. Efekt modelowania z wykorzystaniem multitemporalnych obrazów radarowych stanowi mapa zagrożenia powodzią obszaru miasta Bukareszt wraz z terenami przyległymi.

W badaniach i modelowaniu warunków hydrologicznych a w części również warunków hydrogeologicznych warto zwrócić uwagę na zmiany hydrologiczne spowodowane rozwojem systemów komunikacyjnych a zwłaszcza budową nowych dróg i autostrad oraz linii kolejowych. Wyraża się to zazwyczaj zakłóceniami, naturalnie ukształtowanego sposobu drenażu powierzchniowego, przekształceniem geomorfologii danego obszaru oraz zmianami w sposobie użytkowania terenu. Wszystko to w konsekwencji może prowadzić do następstw zagrażających nie tylko budowanym obiektom inżynierskim ale również zdrowiu i życiu człowieka. Wątek ten przewija się w szeregu prezentowanych w ramach Komisji VII referatach pod wspólnym hasłem oceny wpływu przedsięwzięć inżynierskich na środowisko - EIA (Environmental Impact Assessment).

Ryzyko wystąpienia powodzi na tle zmian w środowisku spowodowanych budową linii szybkiej kolei w dolinie rzeki Panaro, w północnych Włoszech zaprezentowano w pracy [*Jurjen Bertens i in., T.B7/1 str. 228-235*]. Jest to interesujący przykład modelowania hydrologicznego oparty na formule bilansu wodnego dla jednostkowej powierzchni.

W ramach omawianej problematyki na szczególną uwagę zasługuje praca poświęcona modelowaniu hydrologicznemu w kontekście EIA [*Jurjen Bertens, T.B7/1, str. 175-182*]. Przedstawiono w niej matematyczny model wiążący różne fazy operacji technologicznych związanych z budową nowej autostrady (północna Hiszpania) z czynnikami przyrodniczymi

wraz z oddziaływaniem skutków inwestycji na zasoby przyrodnicze oraz bezpieczeństwo i zdrowie ludzi.

Bardzo ciekawą koncepcję modelowania przestrzennego procesów geodynamicznych i prognozę powodzi w oparciu o szczególnie rozpoznanie warunków geomorfologicznych (DEM) przedstawiono w pracy [D. Alkema i in. T.B7/1, str. 54-62]. Model zawiera kompleksowe ujęcie różnych czynników w schemacie wzajemnych powiązań, w warunkach oddziaływania bezpośredniego i pośredniego. Wynikające z przekształceń środowiska ryzyko (tzw. hazard przyrodniczy) może negować realizację przedsięwzięcia. Kompleksową bazę danych zawierają cyfrowe mapy topograficzna i tematyczna (geologiczna, geomorfologiczna, użytkowania ziemi), dane hydrologiczne i hydrogeologiczne, dane geofizyczne i geotechniczne, wyniki bezpośrednich badań terenowych oraz bogaty zestaw danych teledetekcyjnych (zdjęcia lotnicze panchromatyczne, barwne, zdjęcia w podczerwieni i multitemporalne a także zobrazowania satelitarne).

Oryginalną metodologię z wykorzystaniem GIS do oceny i prognozy zanieczyszczenia wód gruntowych zaproponowano w pracy: [H. Chandrasheker, G. Ranganna, C. Nataraju, T.B7/1, str. 258-263]. Jest to model deterministyczny wykorzystujący 7 kluczowych parametrów, których wielkość jest wagowana dla określenia potencjalnego zanieczyszczenia warstwy wodonośnej za pomocą wskaźnika DI (Drastic Index):

$$DI = D_R \cdot D_D + R_R \cdot R_W + A_R \cdot A_W + S_R \cdot S_W + T_R \cdot T_W + I_R \cdot I_W + C_R + C_W$$

gdzie:

D - głębokość zalegania horyzontu wodonośnego;

R - zasilanie horyzontu wodami opadowymi;

A - charakter litologiczny wodonośca;

S - typ gleby;

T - typ morfologii wyrażony spadkiem zbocza;

I - wpływ strefy aeracji;

C - przewodność hydrauliczna warstwy wodonośnej.

Indeks „R” odnosi się do zakresu wartości (1-10).

Indeks „W” odnosi się do wielkości wagi danego parametru (1-5).

Wskaźnik DI określa zatem w sposób wymierny podatność horyzontu wodonośnego na skażenia.

W kontekście rozbudowy infrastruktury komunikacyjnej oraz postępującej urbanizacji warto również zwrócić uwagę na problem waloryzacji środowiska przedstawiony w pracy: [Alberto Cendrero i in., T.B7/1, str.243-249].

Autorzy zaproponowali następującą formułę dla waloryzacji określonego typu zasobów użytkowych (np. kruszywa):

$$I_i = \text{kubatura} \times \text{cena jedn.} \times A \times D \times H \times R$$

gdzie:

A - współczynnik zależny od dostępności i obfitości zasobów (0-1);

D - współczynnik zależny od odległości do najbliższej drogi (0-1);

H - współczynnik zależny od stopnia zaludnienia w otoczeniu (0-1);

R - współczynnik zależny od tzw.układu sprzężeń zwrotnych (0-1);

Całkowita wielkość waloryzacji jest oczywiście sumą wszystkich rodzajów zasobów użytkowych dostępnych na danym obszarze.

W badaniach właściwości spektralnych różnych komponentów środowiska geologiczne zwracają uwagę na dwa wątki badawcze:

1. Badania charakterystyki spektralnej pustynnych osadów ewaporacyjnych dla satelitarnej detekcji (Landsat TM) skorup pustynnych i solnych, które pojawiają się w otoczeniu słonych jezior lub w obrębie tzw. playa, czyli płaskich równin znajdujących się w centralnych częściach zagłębień kotlinowych wypełnionych osadami mułkowymi i ilastymi, pozostawionymi przez wody okresowe, tam wyparowujące [S. K. Alavi Panah, T.B7/1, str.39-45];
2. Badania spektralne wód powierzchniowych dla oceny czystości naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych na przykładzie jeziora Veluwe, w Holandii. Badania przeprowadzono za pomocą hiperspektralnego skanera obrazującego ERS-A z wykorzystaniem kalibracyjnych pomiarów naziemnych oraz specjalistycznego oprogramowania. Uzyskano bardzo obiecujące wyniki w zakresie mierzonych parametrów - zawiesiny ogólnej, chlorofilu i organicznej substancji węglowej [H. Hakvoort i in., T.B7/2, s.484-495].

W podsumowaniu należy stwierdzić, iż w zakresie omawianej w artykule problematyki rysują się następujące ogólne tendencje:

- w większości prezentowanych prac badawczych w dalszym ciągu dominującą pozycję zajmują satelitarne dane systemów LANDSAT TM, SPOT, ERS; sporadycznie korzystano z innych systemów (IRS, MOMS);
- w zastosowaniach teledetekcji zauważa się wyraźną tendencję do odchodzenia od studiów regionalnych, zwłaszcza w odniesieniu do aplikacji geologicznych, na korzyść studiów lokalnych, dotyczących relatywnie małych obszarów np. rejonu określonego złoża. W tym kontekście wzrasta zainteresowanie danymi pozyskiwanymi z pułapu lotniczego głównie zdjęć barwnych i obrazów skanerowych, zwłaszcza hiperspektralnych;
- powszechnie wykorzystuje się analizy prowadzone w środowisku Systemów Informacji Geograficznej (GIS) dla oceny zasięgu i przestrzennego modelowania (2D i 3D) przede wszystkim zjawisk i procesów przyrodniczych. Analizy typu GIS wymagają z reguły ilościowej charakterystyki (parametryzacji) określonych elementów przyrodniczych. Stąd też, obserwuje się próby tworzenia mniej lub bardziej udanych formuł matematycznych opisujących, niekiedy trudno wymierne, często subiektywne relacje przyrodnicze np. walory krajobrazowe.

Bibliografia

(International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, V.XXXIII, Part B7/1 - B7/4, Comm.VII).

1. Alavipanah Seyedkazem, *The use of remote sensing and GIS to detect salt crust in the Iranian deserts*;
2. Alkema Dinand, *Integrated data sets, GIS and 3-D system analysis for environmental impact assessment in a large alpine valley north of Trento, (Italy)*;
3. Asadi Hooshang, *Using 2D GIS to assist 3D modelling of the Zarshuran gold deposit, Iran*;

4. Balaji S., *Seismic prone lineaments of Tamil Nadu, India and its impact on environments - an analysis through remote sensing*;
5. Banchini Giovanni, *Role of digital orthophotos in environmental disaster management*;
6. Bannert Dietrich, *The application of remote sensing to natural hazards of geologic origin-experiences learned from GARS-PROGRAM of UNESCO and IUGS*;
7. Bertens Jurjen, *Hydrogeological models for the assessment of impacts of infrastructure on water-driven geomorphological processes*;
8. Camit Rex, *Remote sensing application in evaluating the Southern Leyte geothermal project (SLGP), Southern Leyte, Philippines*;
9. Castaldini Dorian, *Study of flood hazard in the Castelfranco Emilia Area, Modena*;
10. Cendrero Antonio, *Computer assisted methods for the assessment of impacts on geomorphogeological resources; application to a case study in northern Spain*;
11. Chandler Jim, *Measuring river-bed and flume morphology and parameterising bed roughness with a Kodak DCS460 digital camera*;
12. Chandrashekar Hanumanthaiah, *Assessment of groundwater pollution potential through remote sensing and GIS technique - a case study for Anekal Taluk, Bangalore Urban District, India*;
13. Dalati Moutaz, *Lineaments on Landsat images-detection mapping and tectonic significance in north-western depressions of Syria*;
14. Hakvoort Hans, *Towards operational airborne remote sensing of water quality in the Netherlands*;
15. Jankauskas Benediktas, *Modelling of terrestrial erosion and change of soil features under soil erosion on the hilly relief of Lithuania*;
16. Kaya Sinasi, *Determination of geomorphological characteristic around of the Isiklar Mountain by using remote sensed data and DEM*;
17. Kojima Hirohito, *Strategy on the landslide type analysis based on the expert knowledge and the quantitative prediction model*;
18. Novo Evlyn, *WFV/CBERS imagery simulation for understanding water pathways from Amazon River to the floodplain*;
19. Nyarko Benjamin Kofi, *Flood risk zoning of Ghana: Accra experience*;
20. Ohamobi Sylvester Ikechukwu, *Soil engineering interpretation for road allocation Sokoto State Nigeria*;
21. Osman A. R., *Geomorphology of the Blue Nile by remote sensing*;
22. Porwal Alok, *A predictive model for basemetal exploration in a GIS environment*;

23. Potcoava Mariana-Camelia, *The using of satellite image data from optic and microwaves data for development of a methodology for identification and extraction of flooded area;*
24. Rajendram S., *Structures controlled iron-ore deposits of Kanjamalai, Salem, India using IRS-1C data;*
25. Roessner Sigrid, *Landslide investigations in southern Kyrgyzstan based on a digital elevation model derived from stereoscopic MOMS-2P data";*
26. Sanders Marlies, *Remotely sensed hydrological isolation to support sustainable use of fens in the Netherlands;*
27. Schetselaar Ernst, *Image classification from Landsat TM, airborne magnetics and DEM data for mapping paleoproterozoic bedrock units, Baffin Island, Nunavut, Canada;*
28. Schmidlin Dirley, *The use of remote sensing in determination of the impermeable soil growth in the Belem River basin area;*
29. Shoshany Maxim, *Field and satellite radiometry of soil erodibility along the climatic gradient of the Judean Desert, Israel;*
30. Singhroy Vern, *SAR image techniques for mapping areas of landslides;*
31. Sokolova Valentina, *Ecologically nonhazardous procedure incorporating structural photointerpretation techniques and preceding deep seated resources prospecting;*
32. Staenz Karl, *Spectral unmixing applied to vegetated environments in the Canadian Arctic for mineral mapping;*
33. Stancalie Gheorghe, *Flood hazard assessment and monitoring using geographic information and remotely sensed data;*
34. Tsujiko Yuji, *Morphological slope failure detection using multisensor data merged by wavelet transform;*
35. Zah Rainer, *Application of photogrammetry in freshwater ecology analysing the morphology of a high alpine flood plain;*

Recenzował: prof. dr hab. inż. Józef Jachimski