

WYKORZYSTANIE MAP NUMERYCZNYCH I TELEDETEKCJI W TURYSTYCE I EDUKACJI LEŚNEJ

DIGITAL MAPS AND REMOTE SENSING DATA IN TOURISM AND FOREST EDUCATION

Emilia Wiśniewska, Krystyna Stankiewicz

Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie

Słowa kluczowe: teledetekcja, turystyczne systemy informacji przestrzennej, edukacja leśna
Keywords: remote sensing, tourist spatial information systems, forest education

Wstęp

Podczas tworzenia i udostępniania systemów informacji przestrzennych coraz częściej wykorzystywane są wieloźródłowe, rozproszone bazy danych, jak również opracowywane są różnorodne zaawansowane wizualizacje (symulacje procesów, wirtualne przeloty itp.). Niejednokrotnie współczesne systemy informacji przestrzennej przeznaczone są nie tylko dla osób zajmujących się gromadzeniem i analizowaniem danych przestrzennych w celu zarządzania, administrowania oraz wspomagania procesów decyzyjnych, ale także udostępniane są szerokiemu gronu odbiorców. W takich przypadkach szczególny nacisk należy położyć na czytelny i przyciągający uwagę sposób przekazu informacji.

Do systemów adresowanych do niespecjalistów należą także aplikacje dedykowane turystyce i edukacji leśnej, w których odniesione przestrzennie dane przyrodnicze i turystyczne prezentowane są na odpowiednio przygotowanych materiałach kartograficznych. Materiałami tymi mogą być opracowane w różnych skalach odpowiednio zredagowane mapy podkładowe, jak również przetworzone zdjęcia satelitarne i lotnicze, powiązane z innymi bazami danych przestrzennych. Z jednej strony wizualizacje zdjęć satelitarnych czy lotniczych powinny ukazywać teren w sposób czytelny i prosty w odbiorze, z drugiej zaś powinny podkreślać zróżnicowanie prezentowanego obszaru.

Dane źródłowe oraz dostosowanie danych do potrzeb systemów informacji turystycznej i edukacji leśnej

W systemach mających za zadanie przedstawienie szeregu rozmaitych informacji dotyczących turystyki i edukacji leśnej szczególnie ważne jest odniesienie przestrzenne prezentowanych danych. Dodatkowy walor takim systemom mogą nadać atrakcyjne wizualizacje

dwu- i trójwymiarowe, a także prezentacje ukazujące przebieg różnorodnych zjawisk w zależności od czasu. Przy wyborze i przetwarzaniu materiałów źródłowych wykorzystywanych w aplikacjach dedykowanych turystyce i edukacji leśnej należy pamiętać, że będą one udostępniane szerokiej grupie odbiorców, a nie konkretnej grupie zawodowej. Dlatego też wykorzystywane mapy tematyczne lub materiały teledetekcyjne powinny być przetworzone do takiej postaci, która będzie łatwa w odbiorze dla jej potencjalnych użytkowników.

Podstawowym źródłem danych zasilających systemy informacji przyrodniczej powinny być przede wszystkim istniejące już bazy danych przestrzennych. Baza Danych Topograficznych (TBD), leśna mapa numeryczna, baza danych Corine Land Cover (CLC 1990 i 2000), regionalne bazy danych, ortofotomapy i mapy satelitarne to przykłady danych przestrzennych, które mogą być szczególnie przydatne przy tworzeniu dedykowanych aplikacji przyrodniczych i turystycznych. Wprowadzanie nowych danych powinno być ograniczone tylko do tych informacji, które nie zostały jeszcze zebrane w żadnej z istniejących baz danych dla danego obszaru.

W związku z koniecznością przystosowania danych pozyskiwanych z krajowych i regionalnych baz danych do wymogów konkretnego systemu informacji powinny one w zależności od potrzeby podlegać:

- selekcji,
- generalizacji,
- uzupełnieniu o dodatkowe opisy, zdjęcia, filmy i inne prezentacje (np. wizualizacje dwuwymiarowe i trójwymiarowe).

W procesie selekcji dokonywany jest wybór tych warstw tematycznych, które ze względu na swoją treść i zasięg danych mogą być przydatne w budowanym systemie. Generalizacji podlegają natomiast te elementy, które nie muszą, a czasem wręcz nie mogą być prezentowane z taką szczegółowością i dokładnością w jakiej zostały zgromadzone. Wybory te są uzależnione od celów jakim ma służyć tworzony system informacyjny. Nadmiarowa liczba danych może utrudnić czytelność prezentowanych map, a także znacznie spowolnić funkcjonowanie samego systemu, co na ogół znacząco zmniejsza zainteresowanie użytkowników systemem. Odpowiednia selekcja i/lub generalizacja danych może być również konieczna w przypadku, gdy z pewnych powodów należy ograniczyć powszechny dostęp do danych. W przypadku systemów przyrodniczych danymi takimi mogą być na przykład lokalizacje miejsc podlegających szczególnej ochronie, w których ruch turystyczny byłby niewskazany. Dane zastrzeżone mogą być zawarte w systemie, ale dostęp do nich powinny mieć tylko uprawnione grupy odbiorców.

Odpowiednio dobrane i, o ile to niezbędne, zgeneralizowane warstwy tematyczne, mogą posłużyć do tworzenia map podkładowych. Wybór treści oraz odpowiedniego szeregu skalowego map podkładowych uzależniony jest od rodzaju prezentowanych zjawisk oraz od wielkości (zasięgu) obszaru, dla którego opracowywana jest dana aplikacja (rys. 1). Dotyczy to również map podkładowych utworzonych na bazie zdjęć lotniczych lub satelitarnych. Pewne obiekty lub zjawiska można z powodzeniem prezentować na tle mapy satelitarnej z pikselem 30 m x 30 m sporządzonej np. na podstawie wielospektralnego zdjęcia pozyskanego z satelity Landsat ETM, podczas gdy do prezentacji innych zjawisk może być niezbędna mapa satelitarna lub ortofotomapa z pikselem 1 m x 1 m, sporządzona z wysokorozdzielczego zdjęcia z satelity IKONOS lub ze zdjęć lotniczych (rys. 2).

Przetworzenia zdjęć satelitarnych

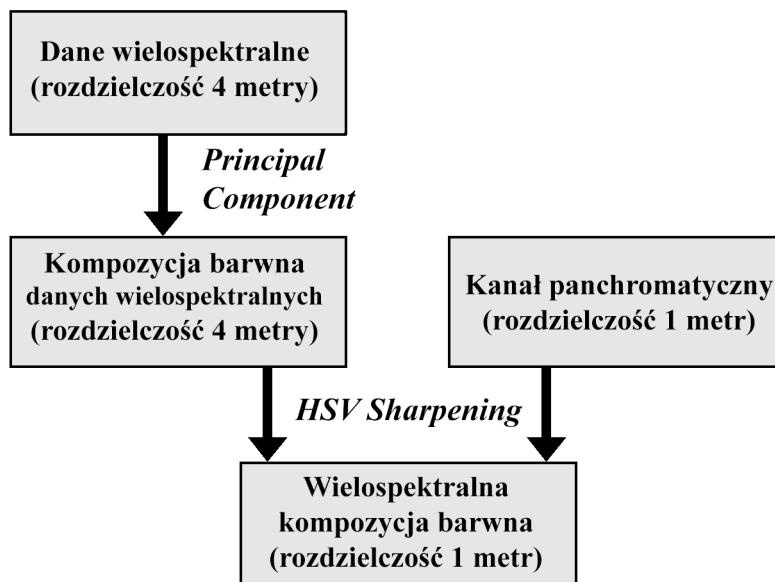
W przypadku map satelitarnych, które będą wykorzystywane jako mapy podkładowe w systemach informacji przyrodniczej i turystycznej, ważne jest nie tylko dostosowanie rozdzielczości przestrzennej, ale także istotne jest odpowiednie opracowanie kolorystyki finalnych kompozycji zdjęć satelitarnych. Niejednokrotnie wskazana jest rezygnacja z typowych przetworzeń stosowanych w teledetekcji, nawet jeśli odbywa się to kosztem utraty części informacji. Przetworzenia standardowe prowadzą bowiem do prezentacji roślinności w nie-naturalnych barwach. Mapa satelitarna jest łatwiejsza w odbiorze, jeżeli jej kolorystyka jest zbliżona do rzeczywistej. Jednocześnie mapa satelitarna powinna nadal umożliwiać rozróżnienie odmiennych form pokrycia terenu np. różnych typów roślinności z uwzględnieniem rozróżnienia drzewostanów iglastych i liściastych.

Przetworzenia, które prowadzą do mapy satelitarnej w barwach zbliżonych do naturalnych zostaną zaprezentowane dla zdjęcia z satelity IKONOS, dla którego wykonano fuzję kanałów o różnej rozdzielczości, a następnie przeprowadzono dodatkową modyfikację kolorystyki kompozycji barwnej.

W kanale panchromatycznym zdjęcia satelitarnego z IKONOSA rejestrowane jest promieniowanie elektromagnetyczne w całym zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni (0,45–0,90 μm), natomiast w kanałach spektralnych rejestrowane są cztery następujące zakresy promieniowania: niebieski (0,45–0,52 μm), zielony (0,51–0,60 μm), czerwony (0,63–0,70 μm) oraz bliska podczerwień (0,76–0,85 μm). Zdjęcia panchromatyczne mają rozdzielczość przestrzenną równą 1 m, podczas gdy dla czterech kanałów spektralnych rozdzielczość przestrzenna wynosi 4 m.

W pierwszym kroku wykonano analizę głównych składowych (*Principal Component Analysis PCA*), przy czym wyjściowa przestrzeń spektralna została zdefiniowana na podstawie 4 kanałów spektralnych zdjęcia satelitarnego z IKONOSA. Celem tej analizy była redukcja liczby kanałów do trzech najmniej skorelowanych, które można następnie przedstawić w modelu barw RGB. Następnie została wykonana fuzja tego obrazu z kanałem panchromatycznym o wyższej rozdzielczości przestrzennej poprzez zastosowanie transformacji wyostrania obrazu z wykorzystaniem modelu barw HSV (*HSV Sharpening*). Schemat tego przetworzenia jest przedstawiony na rysunku 4, natomiast na rysunku 3 przedstawiono wyniki opisanych przetworzeń uzyskane dla zdjęcia zarejestrowanego przez satelitę IKONOS dla obszaru Puszczy Kozienickiej. Przetworzenie *HSV Sharpening* spowodowało, że obraz otrzymany w wyniku analizy składowych głównych o rozdzielczości przestrzennej 4 m i wysokorozdzielczy kanał panchromatyczny (o rozdzielczości przestrzennej 1 m) zostały zwizualizowane w postaci jednego wspólnego obrazu o rozdzielczości przestrzennej kanału panchromatycznego oraz o kolorystyce pochodzącej z obrazu wielospektralnego.

Obraz ten, dzięki wykorzystaniu nie tylko kanałów z zakresu widzialnego, ale także kanału z zakresu podczerwieni umożliwia rozróżnienie kolorystyczne drzewostanów iglastych i liściastych. Obszary lasów przedstawione są w kolorze zielonym, przy czym wydzielenia iglaste są zwizualizowane w tonach ciemniejszych, a liściaste – jaśniejszych. Niestety dla kilku innych form użytkowania kolorystyka tego obrazu znacznie odbiega od naturalnej. Dlatego też ostatnim krokiem, w którym nastąpiło stworzenie finalnej wersji mapy satelitarnej było nałożenie masek na wybrane obszary użytkowania ziemi. Maski wygenerowano na podstawie bazy danych dotyczącej użytkowania ziemi. Z bazy tej wybrano warstwy tematyczne z trzema klasami użytkowania terenu obejmującymi zbiorniki wodne, grunty orne i



Rys. 4. Schemat fuzji danych zdjęcia satelitarnego IKONOS

łąki. W zasięgach masek wykonane zostały odrębne modyfikacje kolorystyczne zdjęcia (rys. 3). Dzięki temu kolorystyka uzyskana na finalnej mapie satelitarnej zbliżona jest do kolorystyki stosowanej przy sporządzaniu map użytkowania ziemi.

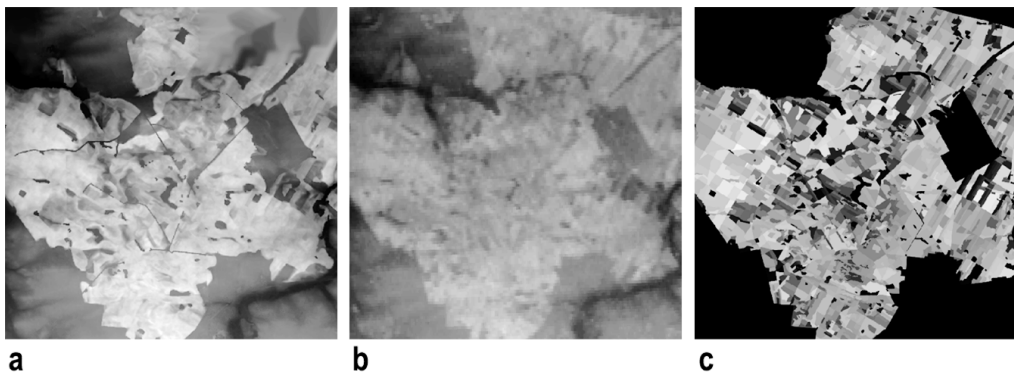
Odpowiednio przygotowane mapy podkładowe można następnie łączyć z innymi wieloródlowymi danymi zgromadzonymi w systemie informacji przestrzennej. Na tle odpowiednich map podkładowych w różnych skalach można zatem prezentować różnorodne warstwy wektorowe i ich atrybuty dobrane do potrzeb turystyki i edukacji leśnej.

Numeryczny model terenu (NMT) i trójwymiarowe modele krajobrazu

W celu przedstawienia walorów danego obszaru leśnego warto opracować nie tylko prezentacje kartograficzne w przestrzeni dwuwymiarowej, ale także w przestrzeni trójwymiarowej. Z jednej strony prezentacje trójwymiarowe sprawiają, że system taki staje się ciekawszy, bardziej atrakcyjny w odbiorze, a jednocześnie dają możliwość lepszego pokazania i wyjaśnienia różnorodnych zjawisk.

Do stworzenia trójwymiarowych wizualizacji może być wykorzystany numeryczny model ukształtowania bądź pokrycia terenu lub dane o wysokości obiektów (np. drzewostanów) pozyskane z bazy danych. Dla obszaru Puszczy Kozienickiej, na przykładzie której zaprezentowany zostanie taki model, zróżnicowanie wysokościowe modelu wynika przede wszystkim ze zróżnicowania wysokości górnego piętra wydzielen leśnych, gdyż sama po-

wierzchnia terenu nie charakteryzuje się dużymi przewyższeniami. Numeryczny model pokrycia powierzchni terenu może być na przykład uzyskany na podstawie analizy stereoskopowych barwnych zdjęć lotniczych wykonanych w skali 1:26 000 (rys. 5a). Można również wykorzystać alternatywnie model pokrycia powierzchni terenu znany pod nazwą SRTM-3. Dane wykorzystane do stworzenia modelu SRTM-3 zostały pozyskane w lutym 2000 podczas 11-dniowej misji promu kosmicznego Endeavour poświęconej interferometrycznemu radarowemu skanowaniu powierzchni Ziemi. Dane surowe, nie zweryfikowane i nie poprawione w wersji SRTM-3 dla całego zasięgu skanowania w siatce $\Delta\phi = \Delta\lambda = 3''$ (czyli o trzykrotnie mniejszej rozdzielczości od finalnego opracowania) są dostępne publicznie i dla celów naukowych są bezpłatne. Dane SRTM-3 dla obszaru Puszczy Kozienickiej przedstawiono na rysunku 5b.



Rys. 5. Numeryczny model pokrycia terenu dla fragmentu Puszczy Kozienickiej: a – model uzyskany ze zdjęć lotniczych, b – dane SRTM-3, c – model przestrzenny wysokości drzew gatunku panującego w drzewostanach uzyskany na podstawie leśnych danych inwentaryzacyjnych

Ponieważ zróżnicowanie wysokościowe modelu dla obszaru testowego jest związane z wysokością dominującego gatunku w poszczególnych drzewostanach, numeryczny model pokrycia terenu możemy przy niektórych wizualizacjach trójwymiarowych zastąpić wysokością drzewostanu. Prezentuje to rysunek 5c. Wysokości drzewostanów zostały pozyskane z inwentaryzacyjnej bazy danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych.

Rysunek 6 przedstawia zróżnicowanie gatunkowe i wysokość drzewostanów w rzucie perspektywicznym na tle zdjęcia satelitarnego. Jak widać dane takie mogą być wykorzystane do stworzenia modelu 3D, pomimo że zróżnicowanie wysokościowe jest przedstawione w sposób uproszczony i całkowicie pomija zróżnicowanie wynikające z ukształtowaniem terenu.

Jedną z form prezentujących układ przestrzenny danego regionu są trójwymiarowe modele krajobrazu. Do tworzenia takich modeli niezbędne są:

- numeryczny model terenu lub numeryczny model pokrycia terenu,
- tekstura naturalna lub symulowana.

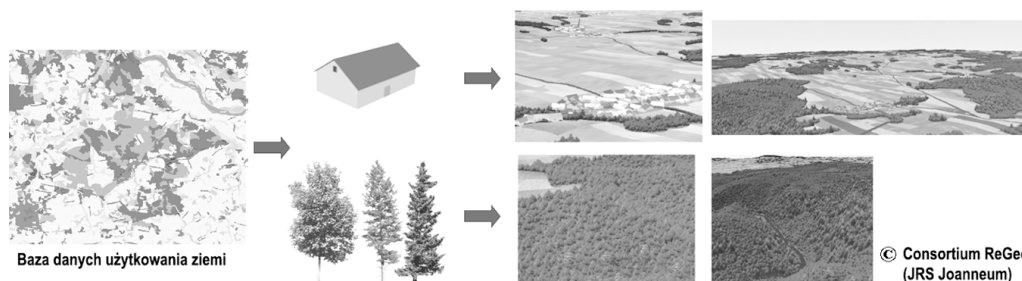
Podczas tworzenia trójwymiarowych modeli krajobrazu naturalną teksturę powierzchni uzyskać można ze zdjęć lotniczych i satelitarnych (Almer, Stetzl, 2002).

Tekstura symulowana może być stworzona w specjalnych programach graficznych na podstawie baz danych zawierających informacje o użytkowaniu ziemi, gatunkach, wieku i zwarcie drzewostanów (rys. 7).



i średnia wysokość drzewostanów

Rys. 6. Rzut perspektywiczny przedstawiający średnie wysokości drzewostanów z wyróżnieniem drzewostanów iglastych i liściastych na tle zdjęcia satelitarnego IKONOS



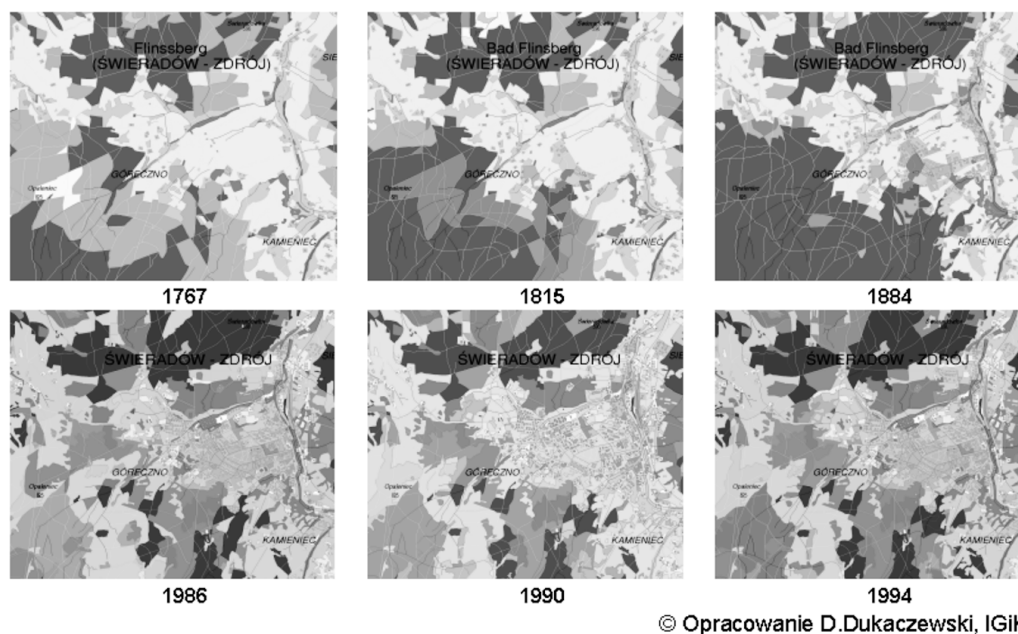
Rys. 7. Przykład generowania sztucznej tekstury pokrycia powierzchni

Modele takie można następnie wizualizować w systemach informacji turystycznej i przyrodniczej w formie widoków perspektywicznych, panoram lub wirtualnych przelotów nad terenem.

Symulacje procesów

Systemy dedykowane dla nieprofesjonalistów wymagają dodatkowych prezentacji. To co dla profesjonalisty jest oczywiste – w systemach edukacyjnych wymaga dodatkowego wyjaśnienia (najlepiej w ciekawej, atrakcyjnej formie). Jedną z form przedstawiania dynamiki

niektórych zjawisk i procesów, która ułatwi użytkownikom systemu ich zrozumienie, mogą być animacje dwu- i trójwymiarowe. W formie animacji może być prezentowana na przykład dynamika zmian użytkowania ziemi w określonym okresie. Rozwiązanie takie zastosowano między innymi w „Elektronicznej mapie animowanej Gór Izerskich” (rys. 8), opracowanej w Instytucie Geodezji i Kartografii, prezentującej zmiany użytkowania ziemi w latach 1767–1994 (Dukaczewski, 2005).



Rys. 8. Przykład map użytkowania ziemi wykorzystanych w „Elektronicznej mapie animowanej Gór Izerskich”

Podsumowanie

Przeglądając systemy informacji turystycznej lub edukacji ekologicznej dostępne on-line, a więc dla szerokiego grona odbiorców można stwierdzić, że udostępniane informacje coraz powszechniej mają odniesienia przestrzenne. Nie zawsze jednak są to mapy, które można przeglądać interaktywnie. Czasem najważniejsze informacje przedstawione są w postaci opisowej czy tabelarycznej, a mapy są tylko ich uzupełnieniem. Są jednak dostępne takie systemy, w których coraz więcej obiektów jest zlokalizowanych przestrzennie.

Przykładem takiego systemu jest „Leśny Przewodnik Turystyczny” udostępniony on-line przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych (<http://www.lp.gov.pl>) prezentujący możliwości wypoczynku w obiektach turystycznych Lasów Państwowych. Tworzone są też regionalne systemy informacyjne dla obszarów leśnych przez regionalne dyrekcje Lasów Państwowych lub nadleśnictwa. Przykładem takiego systemu mogą być „Interaktywne mapy RDLP w Łodzi” (<http://www.lodz.lasy.gov.pl>). Innym ciekawym przykładem systemu re-

gionalnego może być system ReGeo (Frech, Koch, 2003), który prezentuje walory wybranych obszarów testowych korzystając z map, zdjęć lotniczych i satelitarnych, zdjęć naziemnych, panoram, wirtualnych przelotów. Prototyp takiego systemu stworzono między innymi dla Puszczy Kozienickiej (Stankiewicz, Wiśniewska i in., 2004) (obecnie dostępna jest wersja off-line) oraz dla obszaru na granicy austriacko-czeskiej (Almer, Zeiner i in., 2002). Aplikacja jest dostępna on-line ze stron www.regeo.org lub <http://thayatal.geo-konzept.de/z/regeo>. Innym przykładem systemu, w którym szczególną uwagę zwrócono na prezentację różnych form krajobrazu i terenu w postaci interaktywnych panoram jest system opracowany w ramach tematu „Metodyczne podstawy odwzorowania rzeźby w oparciu o NMT pozyskany metodami fotogrametrycznymi”¹ (http://www.igik.edu.pl/grant_g82/polska.htm), w którym wykorzystane zostały zarówno zdjęcia lotnicze, zdjęcia naziemne oraz numeryczny model pokrycia terenu (Rudnicki, 2006).

Ze względu na coraz szerszy dostęp do wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych oraz coraz wyższy poziom oprogramowania do przetwarzania wstępnego zdjęć, a także do zarządzania i prezentacji danych przestrzennych, należy spodziewać się w najbliższym czasie szybkiego rozwoju systemów informacyjnych tworzonych na potrzeby turystyki i edukacji. Byłoby dobrze, gdyby rozwój ten dotyczył także systemów tematycznie związanych z leśnictwem. Rozwój taki zapewnić może nie tylko wykorzystanie najnowocześniejszego oprogramowania, ale przede wszystkim dbałość o poszerzanie odpowiednich zasobów danych, które mogą być w takich systemach wykorzystane.

Literatura

- Almer A., Stelzl, H., 2002: Multimedia Visualisation of Geoinformation for Tourism Regions based on Remote Sensing Data, ISPRS – Technical Commission IV/6, ISPRS Congress Ottawa, 8-12 July.
- Almer A., Zeiner H., Derler, C., Stelzl, H., Luley, P., 2002: National Park Information System. Environmental Communication in the Information Society, Proceedings of the 16th International Conference Informatics for Environmental Protection, Vienna, Austria, September.
- Dukaczewski, D., 2005: Elektroniczna mapa animowana Gór Izerskich. *Polski Przegląd Kartograficzny*, tom. 37, nr 1: 23-36.
- Frech I., Koch B., 2003: Multimedia Geoinformation in Rural Areas with Eco-tourism: The ReGeo-System, Information and Communication Technologies in Tourism 2003 - Proceedings of the International Conference in Helsinki, Finland, Frew, A.J.; Hitz, M.; O'Connor, P. (eds.), Springer-Verlag Wien New York: 421-429.
- Rudnicki W., 2006: Raport końcowy z realizacji grantu 4 T12E 009 27 „Metodyczne podstawy odwzorowania rzeźby w oparciu o NMT pozyskany metodami fotogrametrycznymi”, dostępny w Instytucie Geodezji i Kartografii.
- Stankiewicz K., Wiśniewska E., Zawila-Niedźwiecki T., 2004: Multimedia Geoinformation System ReGeo – Basic Concepts and Current Status, 10th EC-GI & GIS Workshop, Warsaw, Poland, June 2004, Warsaw: *Annals of Geomatics*, Vol. II, No 1: 98-107.

¹ Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego nr 4T12E00927 finansowanego przez Ministerstwo Nauki

Summary

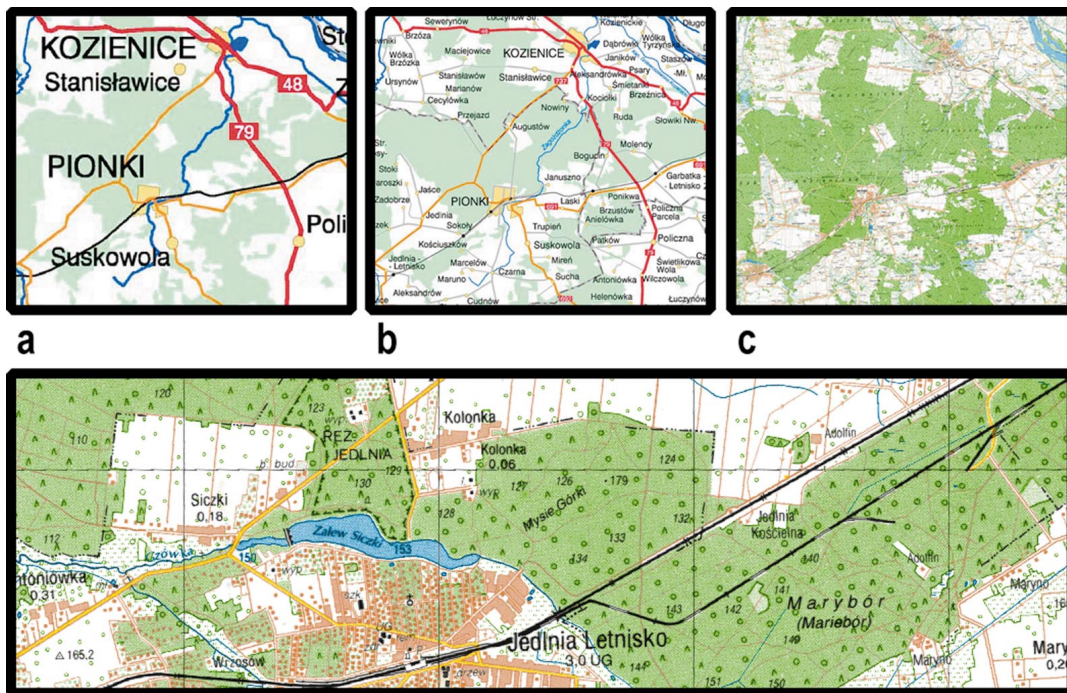
Creation of spatial information systems requires the application of modern technology and usage of spatially related multi-source data bases. Spatial information systems are often addressed to professionals who deal with data storage and analysis in order to support management, administration and other decision making processes. However, information systems dedicated to a large public are currently becoming more and more popular. Requirements for such systems focus on presentation methods that should make the whole conveyed information clear, interesting and attractive.

Systems dedicated to tourism and forest education are among applications aimed at on non-professional users. In these systems spatial data on nature as well as data for tourists are presented on the background maps that are specially prepared for this purpose. The appropriate background maps can be created using vector and raster data from various data bases. Satellite images and aerial photographs are widely used for generation of background maps for such systems due to their rich and current content. Different background maps have to be prepared depending on the target of a given information system as well as the size of presented area. Among others, maps presented at different scales should contain different number of details limited by the quality of presentation at the selected level. As a consequence, images used as background maps should be carefully selected taking into account their spatial resolution. Moreover, appropriate preparation of colour composites is needed in order to fulfil the requirement of readability. Special processing chain adopted for generation of background maps in natural colour that is based on image acquired by IKONOS satellite was presented. The most important transformations applied to IKONOS image involve Principal Component Analysis and the image fusion algorithm called HSV Pan-Sharpning.

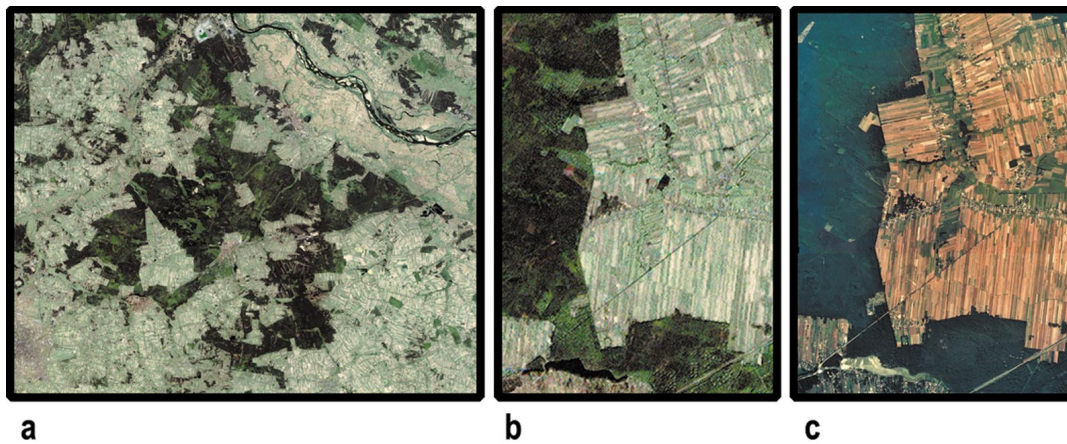
Visualizations of forest landscape are useful in communicating the structure of land cover patterns to professionals and to the public by making the information on environment more attractive and easier to interpret. In order to demonstrate current potential and future needs in this context a sample visualization of a forest test area was prepared using IKONOS satellite image, aerial photographs and some pre-existing GIS datasets. Images draped over a surface terrain model supplied texture data for a part of the Kozienice Forest. GIS layers were used for the satellite image enhancement and as supplementary data ameliorating visualization itself.

dr inż. Emilia Wiśniewska
tel. (022) 32 91 971,
emilia.wisniewska@igik.edu.pl

dr Krystyna Stankiewicz
tel. (022) 32 91 978,
krystyna.stankiewicz@igik.edu.pl

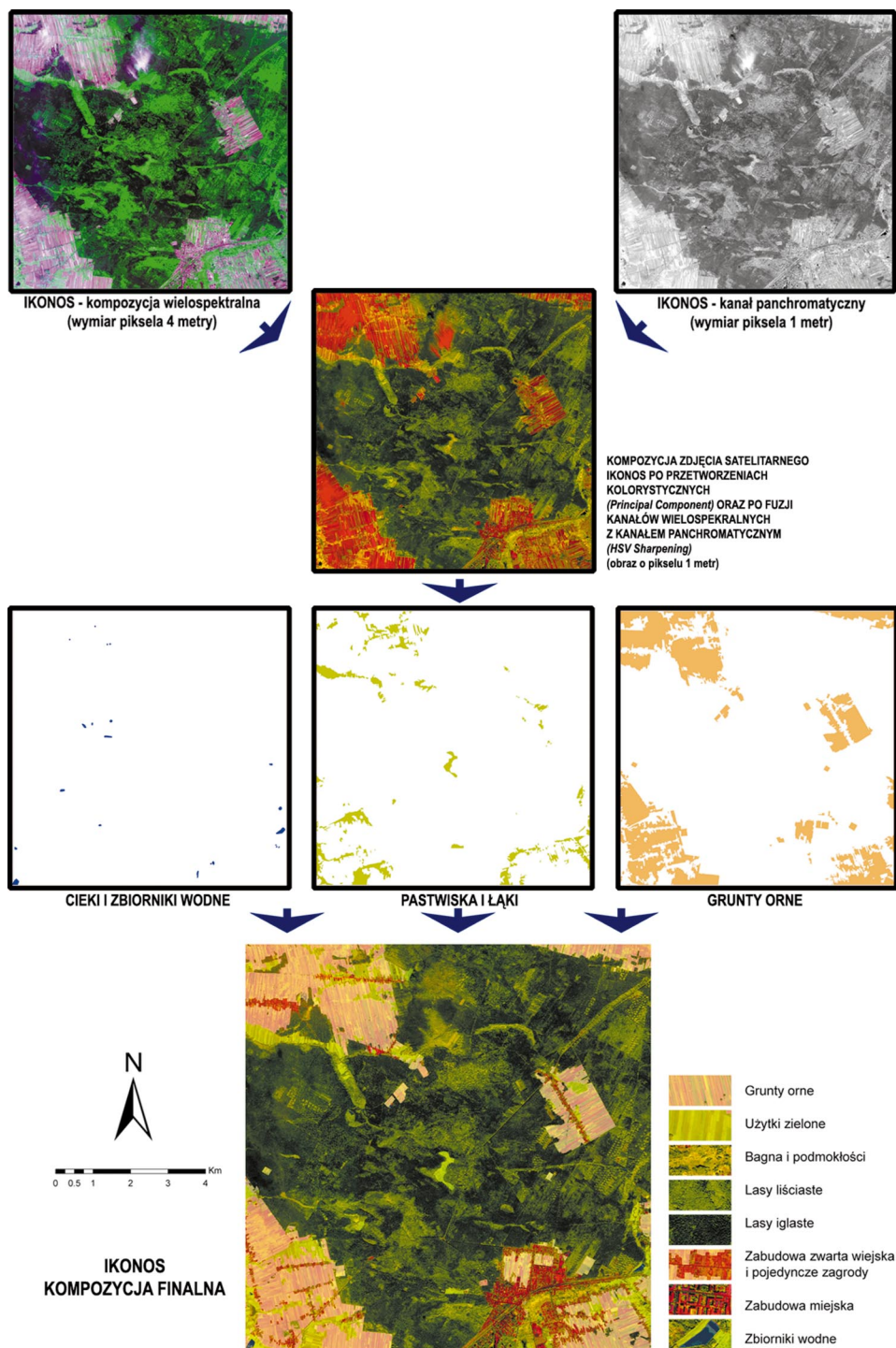


d Rys. 1. Przykładowy dobór szeregu skalowego map podkładowych dla Puszczy Koziennickiej:
 a – mapa przeznaczona do wyświetlania w skali 1 : 500 000, b – mapa przeznaczona do wyświetlania w skali 1 : 200 000, c – mapa przeznaczona do wyświetlania w skali 1 : 50 000¹, d – fragment najbogatszej w treść mapy przeznaczony do wyświetlania w skali 1 : 50 000



a **b** **c**
 Rys. 2. Dobór map satelitarnych oraz ortofotomap dostosowanych do odpowiednich skal wyświetlanych danych: a – kompozycja barwna zdjęcia satelitarnego Landsat ETM dla Puszczy Koziennickiej, b, c – porównanie rozdzielczości przestrzennej kompozycji barwnego zdjęcia satelitarnego Landsat ETM z ortofotomapą wykonaną z barwnych zdjęć lotniczych w skali 1:26 000 dla fragmentu Puszczy Koziennickiej

¹ Zezwolenie na wykorzystanie mapy topograficznej w skali 1:50 000 Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii z dnia 16.04.2003 nr KZ-8040/46/1137/03.



Rys. 3. Przykład fuzji danych i modyfikacji kolorystycznej zdjęcia satelitarnego IKONOS z obszaru Puszczy Kozienickiej