

DARIUSZ DUKACZEWSKI
Instytut Geodezji i Kartografii
Warszawa

Elektroniczna mapa animowana Gór Izerskich

Zarys treści. Autor prezentuje koncepcję systemu elektronicznej mapy animowanej, stanowiącego narzędzie przeznaczone do generowania animacji kartograficznych oraz dokonywania kompleksowych analiz dynamiki zmian środowiska z wykorzystaniem animacji i funkcji systemu informacji przestrzennej zorientowanego czasowo. Przedstawia metodę referencyjno-retrospektywną opracowania warstw czasowych (na podstawie danych satelitarnych, zdjęć lotniczych i map topograficznych), spełniających wymogi *sine qua non* realizacji animacji kartograficznej. Autor prezentuje również badania tego typu systemu wykonanego dla terenu polskiej i czeskiej części Gór Izerskich na podstawie danych z lat 1767–1994.

Słowa kluczowe: elektroniczna mapa animowana, GIS zorientowany czasowo, teledetekcja, mapy dawne, użytkowanie ziemi, metoda referencyjno-retrospektywna

1. Wstęp

W sytuacji wzrostu zapotrzebowania na kurczące się zasoby naturalne, sterowanie współczesnymi procesami gospodarczymi wymaga dobrej znajomości nie tylko chwilowego stanu środowiska człowieka, lecz również śledzenia dynamiki jego zmian w czasie i przestrzeni, co jest możliwe dzięki wykorzystaniu danych teledetekcyjnych w powiązaniu ze współczesnymi i archiwalnymi danymi kartograficznymi. W przypadku obszarów wykazujących szybkie zmiany elementów środowiska istotne jest również posiadanie informacji o jego stanie wyjściowym, ewolucji oraz wpływie zmian na stan obecny. Optymalnym rozwiązaniem jest dokumentowanie zmian w sposób pozwalający na prezentację ich dynamiki. Rozwiązanie takie pozwala na usystematyzowanie wiedzy na temat związków przyczynowo-skutkowych związanych z tymi zmianami. Ułatwia to kompleksowe poznanie stanu środowiska.

Prezentacja dynamiki zmian stanowi jeden

z trudno rozwiązywalnych problemów w kartografii. W przypadku map w postaci analogowej, prezentowanie zmian jest utrudnione z uwagi na ograniczenia wynikające z fizycznych cech nośnika informacji, uwarunkowań metodycznych oraz złożoności percepcji informacji niesionej przez tego typu mapy. W tej sytuacji możliwe jest sporządzanie szczegółowych map inwentaryzacyjnych zmian, lecz utrudnione staje się uzyskanie prezentacji dynamiki ich przebiegu. Pewne trudności napotyka również wykonywanie map dynamiki za pomocą animacji komputerowych. Problemy te wynikają zarówno z czynników związanych z właściwościami dostępnych narzędzi, stosunkowo niewielkim stopniem zaawansowania metodologii numerycznych animacji kartograficznych oraz trudnościami technicznymi napotykanymi w trakcie realizacji tego typu map. Pierwsza grupa czynników jest spowodowana faktem, iż zdecydowana większość pakietów oprogramowania animacyjnego powstaje głównie z myślą o potrzebach grafiki internetowej i nie jest jeszcze w pełni przystosowana do wykonywania animacji kartograficznych. Trudności sporządzania animacji kartograficznych za pomocą narzędzi obciążonych znacznymi ograniczeniami, w połączeniu ze stosunkowo dużą prędkością sprawiąją, że liczba prac poświęconych metodyce animacji kartograficznych jest jeszcze niewielka. W trakcie projektowania i realizacji animacji kartograficznych ich autorzy napotykają ponadto szereg trudności związanych z niejednorodnym charakterem dostępnych materiałów źródłowych, kwestią równoczesnego doboru zmiennych statycznych i dynamicznych oraz odpowiednich metod prezentacji, wreszcie koniecznością projektowania dosyć specyficznej architektury systemu.

Zdaniem autora, jednym z możliwych sposobów rozwiązania problemu kartograficznej

prezentacji dynamicznej oraz uniknięcia wielu spośród wymienionych wyżej ograniczeń, jest wykorzystanie zaprojektowanego i zrealizowanego przez niego systemu elektronicznej mapy animowanej¹ o otwartej, wielomodułowej, zorientowanej czasowo bazie danych. System ten ma na celu generowanie jednoczasowych warstw informacyjnych, tworzenie animacji kartograficznych, prezentację dynamiki zjawisk, przeprowadzanie analiz przestrzennych i czasowych, ułatwianie rozpoznania zagrożeń środowiska oraz wspomaganie formułowania wniosków dotyczących przewidywania stanu środowiska w najbliższej przyszłości. Dane oraz informacje generowane przez system elektronicznej mapy animowanej mogą bowiem bardziej efektywnie, niż bogaty zbiór map tematycznych (w postaci statycznej), przyczynić się do ułatwienia podejmowania decyzji ekologicznych, gospodarczych i planistycznych. Ponadto system taki, dzięki właściwościom wynikającym z możliwości interpolacji czasowo-przestrzennej oraz na skutek reinterpretacji danych, może pozwalać na generowanie i rejestrację nowych informacji na podstawie danych wejściowych. Zalety te powodują, iż uzasadnione wydaje się podjęcie prac nad udoskonaleniem kartograficznej prezentacji zmian za pomocą systemu elektronicznej mapy animowanej.

2. Cele i zakres pracy

Celem pracy było stworzenie koncepcji dynamicznej prezentacji kartograficznej zmian użytkowania ziemi za pomocą systemu elektronicznej mapy animowanej, a także wykazanie, że realizacja tej koncepcji jest już obecnie możliwa przy wykorzystaniu opracowanej metody referencyjno-retrospektywnej oraz iż system ten pozwala na kompleksowe przedstawienie zachodzących procesów. Celem pracy było również przeprowadzenie (w trakcie testowania systemu) badań zmian użytkowania ziemi na przykładzie wybranego obszaru w okresie od końca XVIII do końca XX wieku. Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie zalet i ograniczeń systemu.

Zakres prac nad opracowaniem elektronicznej

mapy animowanej obejmował:

- Sformułowanie koncepcji nowego typu mapy zmian użytkowania ziemi, uwzględniającej:
 - analizę dotychczasowych prac w zakresie sporządzania map zmian użytkowania ziemi,
 - analizę stanu rozwoju kartografii komputerowej oraz możliwości i ograniczeń wykonywania komputerowych map animowanych,
 - ustalenie założeń nowego typu mapy.
- Opracowanie metody wykonania elektronicznej mapy animowanej obrazującej zmiany użytkowania ziemi, w ramach którego uwzględniono:
 - pozyskiwanie danych (teledetekcyjnych, kartograficznych),
 - metody przetwarzania danych i tworzenia baz danych,
 - prezentację danych.
- Określenie ogólnej architektury systemu elektronicznej mapy animowanej.
- Zaprojektowanie i realizację elektronicznej mapy animowanej.
- Badania właściwości nowego typu mapy użytkowania ziemi.

3. Obszar badań

Obszar badań eksperymentalnych stanowiła obecna polska i czeska część Gór Izerskich (ryc. 1) w okresie od 1767 do 1994 r. O jego wyborze zdecydowała wielość funkcji spełnianych przez ten obszar w gospodarce, a ponadto znaczna dynamika zmian użytkowania ziemi. Jest to zarazem obszar licznych konfliktów spowodowanych kolizją interesów. Dla tego terenu dysponowano również stosunkowo bogatym materiałem źródłowym.

4. Ogólna architektura systemu

Konieczność pogodzenia założonych zadań oraz funkcji systemu elektronicznej mapy animowanej, związanych z generowaniem prezentacji zjawisk zachodzących w czasie i przestrzeni z przyjętymi założeniami otwartości bazy danych i interaktywności generowania animacji sprawiła, iż uznano za celowe, aby projektowany system posiadał strukturę modułową. Jego dwa główne podsystemy stanowią GIS zorientowany czasowo² oraz system animacji. Pierwszy z nich odgrywa

¹ Analiza dotychczasowych prac dotyczących animacji kartograficznych wykazała istnienie wielości terminów oraz brak ich uporządkowania. W tej sytuacji autor uznał za celowe wprowadzenie dwóch terminów: szerszego – komputerowej mapy animowanej, prezentującej zmiany rozmieszczenia, stanu i powiązań zjawisk w czasie wykonanej za pomocą komputera oraz węższego – elektronicznej mapy animowanej, stanowiącej przypadek szczególnie komputerowej mapy animowanej, posiadającej postać systemu o otwartej bazie danych zorientowanych czasowo, generowanych, zarządzanych i wizualizowanych za pomocą komputera.

² W odróżnieniu od najczęściej spotykanej postaci systemu informacyjnego geograficznego o bazie danych opracowanej zgodnie z zachowaniem zasady jedności miejsca i czasu oraz wielości tematycznej, GIS zorientowany czasowo posiada bazę danych utworzoną z zachowaniem zasady jedności miejsca, wielości czasu oraz ograniczonej wielości tematycznej. Główną składową bazy danych tego systemu powinny być jednoczasowe warstwy informacyjne, zawierające informacje o stanie badanego zjawiska w określonym momencie.

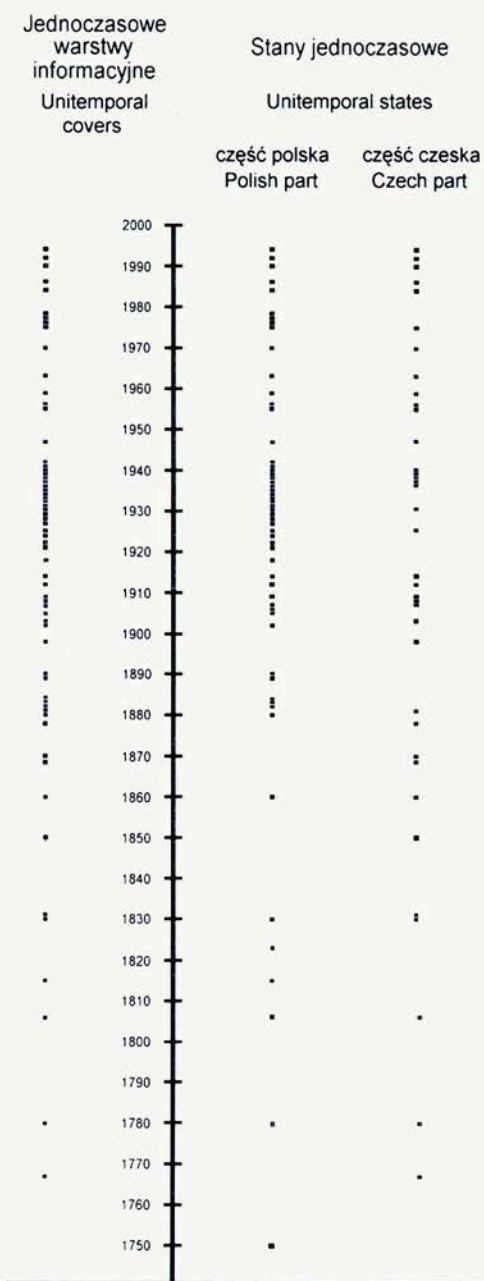


Rys. 1. Zasięg obszaru badań
Fig. 1. Research area

nadrzędną rolę w zakresie zarządzania danymi. Do jego zadań i funkcji należą m. in. umożliwienie dokonywania transformacji geometrycznych, wprowadzania i przetwarzania danych, budowy topologii warstw informacyjnych, zarządzania i utrzymywania głównej bazy danych systemu oraz przeprowadzania konwersji danych do postaci czytelnej dla podsystemu animacji. Zadania i funkcje podsystemu animacji polegają natomiast na umożliwieniu konwersji danych z podsystemu GIS zorientowanego czasowo, doborze formy graficznej map stanów czasowych, wyborze klatek do sekwencji animacyjnych, określaniu liczby stanów pośrednich i ich generowaniu oraz dokonywaniu doboru czasu wyświetlania klatek i sekwencji animacyjnych, tworzeniu sekwencji animacyjnych, wreszcie na przeprowadzaniu animacji.

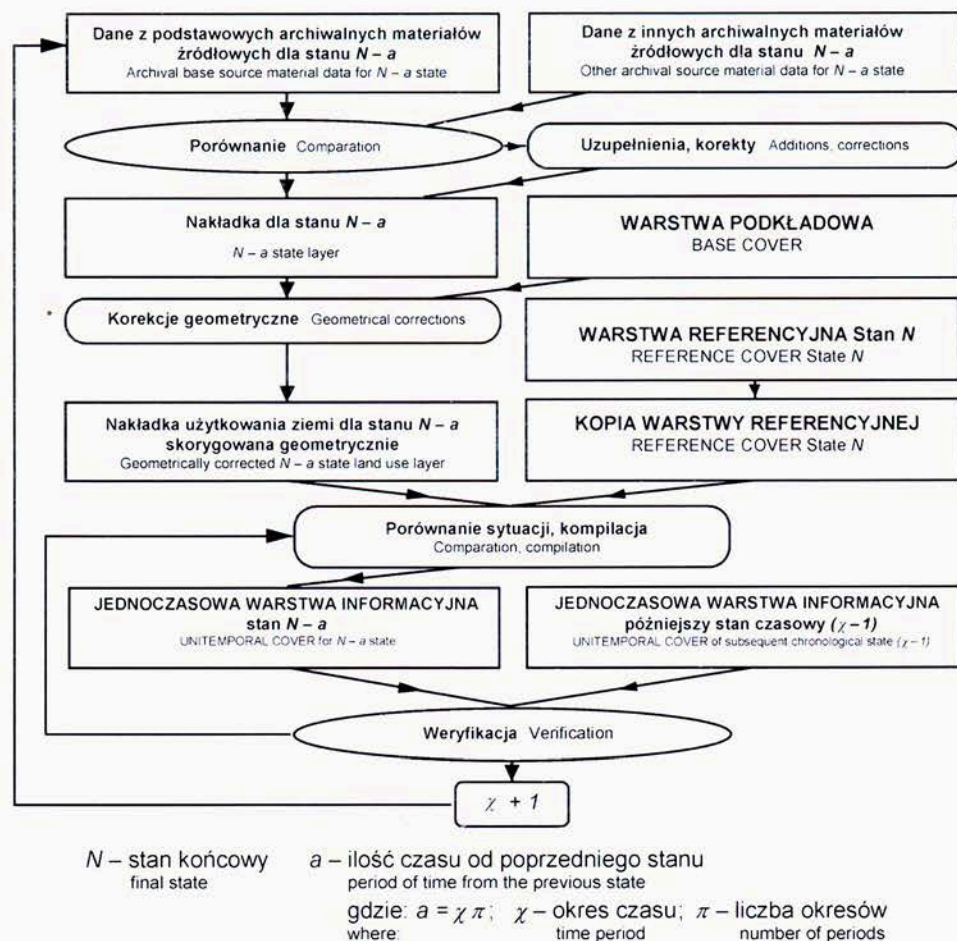
5. Dane źródłowe

W celu realizacji głównej bazy danych systemu zarządzanej przez podsystem GIS zorientowanego czasowo, konieczne było pozyskanie, przetworzenie i integracja informacji z danych teledetekcyjnych i archiwalnych danych kartograficznych. Wykorzystano 5 scen satelitarnych, zdjęcia panchromatyczne (z 1994 r.),



Ryc. 2. Stany jednoczasowe użytkowania ziemi polskiej i czeskiej części terenu badań oraz jednoczasowe warstwy informacyjne elektronicznej mapy animowanej

Fig. 2. Electronic animated map temporal layers based on available information about land use in Polish and Czech part of test area



Ryc. 3. Proces opracowania jednoczasowych warstw informacyjnych z wykorzystaniem metody referencyjno-retrospektywnej

Fig. 3. The process of creating unitemporal data covers with the application of reference-retrospect method

zdjęcia spektrostrefowe z roku 1984, 69 wydań 43 map topograficznych oraz kopie XIX- i XX-wiecznych map katastralnych. Materiał uzupełniający stanowiły *Mapa zdrowotnego i sanitarnego stanu lasu Gór Izerskich 1:25 000* (1985) oraz plany miast i wybrane mapy turystyczne na podkładzie topograficznym.

Przeprowadzone datowanie stanu aktualności danych dowiodło możliwości utworzenia na podstawie dostępnego materiału 67 jednoczasowych warstw informacyjnych (ryc. 2).

Dane źródłowe były znacznie zróżnicowane pod względem zakresu treści, szczegółowości oraz dokładności. W celu ich wykorzystania konieczne stało się określenie metody ich standaryzacji.

6. Wymogi sine qua non poprawnej realizacji animacji kartograficznej

Jak wynika z przeprowadzonych badań, warunkiem sine qua non poprawnej realizacji animacji kartograficznej jest spełnienie przez jednoczasowe warstwy informacyjne sformułowanych przez autora wymagań:

- jedności podstaw matematycznych,
- jedności zasięgu,
- jedności treści i jednolitego sposobu jej generalizowania,
- jedności metody prezentacji,
- logicznego następstwa zdarzeń.

7. Metoda referencyjno-retrospektywna opracowania warstw czasowych

W celu spełnienia tych warunków konieczne stało się opracowanie metody uzyskania jednoczasowych warstw informacyjnych, określonej mianem metody referencyjno-retrospektywnej. Metoda ta polega na wykorzystaniu jako materiału źródłowego do sporządzania jednoczasowych warstw informacyjnych trzech grup danych:

- tzw. warstwy referencyjnej,
- warstwy podkładowej,
- dokumentów rejestrujących stany czasowe użytkowania ziemi (zdjęcia satelitarne i lotnicze, mapy).

Warstwa referencyjna stanowi jednoczasową warstwę informacyjną o największej aktualności, największym stopniu szczegółowości oraz precyzji położenia obiektów, pozwalającej na wykorzystywanie jej jako odniesienia dla wszystkich jednoczasowych warstw informacyjnych.

Warstwa podkładowa, zawierająca rysunek podstawowych elementów liniowych, mogących służyć do wyboru punktów charakterystycznych oraz siatkę współrzędnych płaskich przyjętego układu odniesienia³, jest wykorzystywana do dokonywania korekcji geometrycznych.

Proces tworzenia jednoczasowych warstw informacyjnych metodą referencyjno-retrospektywną został przedstawiony na rycinie 3. W procesie tym można wyróżnić sześć głównych etapów:

1. Pierwszy etap polega na analizie danych o badanych zjawiskach dla stanu zarejestrowanego w podstawowych i uzupełniających materiałach źródłowych. Dostępne dane z podstawowych archiwalnych materiałów źródłowych – wyników klasyfikacji zdjęć satelitarnych, interpretacji zdjęć lotniczych, reklasyfikacji encji⁴ zawartych na mapach archiwalnych (polegającej na zaklasyfikowaniu obiektów do wydzieleni przyjętych w legendzie map) dla stanu $N - a$ są porównywane z danymi pochodzącymi z innych materiałów źródłowych (pomocniczych lub uzupełniających), dotyczących tego samego stanu czasowego. Dokonywane są ewentualne uzupełnienia i korekty informacji.

2. Uzupełnione dane są wykorzystywane do sporządzenia nakładki stanu badanych zjawisk dla stanu $N - a$.

3. Nakładka ta jest korygowana geometrycznie z wykorzystaniem warstwy podkładowej.

4. Skorygowana geometrycznie nakładka jest porównywana z kopią warstwy referencyjnej, która będzie służyć do kompilacji i rejestracji danych o badanych zjawiskach dla stanu $N - a$. Stopień i sposób wykorzystania danych zawartych w warstwie referencyjnej zależy od typu oraz charakterystyk informacji uzyskanych na podstawie materiałów źródłowych. Gdy podstawowym materiałem źródłowym do opracowania nakładki są wyniki przetworzeń i klasyfikacji zdjęć satelitarnych, dane zawarte w warstwie referencyjnej stanowią uzupełniający materiał źródłowy, pozwalający na skompletowanie informacji o encjach małoobszarowych (drogach, kolejach, zabudowie wraz z uwzględnieniem funkcji). Gdy podstawowym materiałem źródłowym do opracowania warstwy użytkowania ziemi są mapy topograficzne, dane z warstwy referencyjnej stanowią materiał pomocniczy do opracowania jednoczasowej warstwy informacyjnej.

5. Na podstawie informacji zawartych w nakładce stanu jednoczasowego $N - a$ i warstwie referencyjnej, drogą wstecznej interpretacji zmian generowana jest jednoczasowa warstwa informacyjna użytkowania ziemi. W celu zachowania przez nią sformułowanych wymagań jedności podstaw matematycznych, zasięgu, treści i jednolitego sposobu jej generalizowania i metody prezentacji, informacje o zmianach użytkowania ziemi są nanoszone na kopię warstwy referencyjnej, która po dalszych przetworzeniach stanie się jednoczasową warstwą informacyjną.

W trakcie sporządzania jednoczasowych warstw informacyjnych użytkowania ziemi, zakres i sposób wykorzystywania danych pochodzących z nakładki zmian lub stanu i warstwy referencyjnej był zróżnicowany. W przypadku wielkoobszarowych wydzieleni użytkowania ziemi⁵, rolę podstawowego materiału źródłowego odgrywają informacje pochodzące z nakładki stanów, natomiast informacje zawarte w warstwie referencyjnej są wykorzystywane jako materiał pomocniczy do przeprowadzania generalizacji treści, standaryzacji sposobu przedstawiania obiektów i ich kodowania. W przypadku małoobszarowych wydzieleni użytkowania ziemi, sieci wodnej, komunikacyjnej i obiektów o znaczeniu orientacyjnym, podstawowym materiałem źródłowym, pozwalającym na precyzyjną lokalizację obiektów, są dane zawarte w warstwie referencyjnej. Dane te są porównywane z danymi zapisanymi w nakładkach użytkowania ziemi oraz w dostę-

³ W przypadku tworzonej bazy danych był to układ „1942”.

⁴ Encja (łac. *entia*, ang. *entity*) – byt, obiekt. Mianem tym są często określane podstawowe składowe map numerycznych. Encjami są m.in. wieloboki znaków powierzchniowych, odcinki znaków liniowych, znaki punktowe (w przypadku znaków złożonych encjami mogą być ich części).

⁵ M. in. lasów, łąk, pól, bagien, torfowisk, zbiorników wodnych.

nych dokumentach kartograficznych (odgrywających rolę pomocniczych materiałów źródłowych). W efekcie przeprowadzonych operacji zostaje utworzona jednoczasowa warstwa informacyjna.

6. Warstwa ta jest porównywana z jednoczasową warstwą informacyjną prezentującą stan późniejszy. W przypadku stwierdzenia zgodności logicznej badanych warstw, możliwe jest dokonanie przejścia do opracowania kolejnej (wcześniejszej chronologicznie) jednoczasowej warstwy informacyjnej, zgodnie z opisaną wyżej procedurą.

Metoda ta pozwala na uzyskanie jednoczasowych warstw informacyjnych, spełniających sformułowane wymogi jedności i logicznego następstwa zdarzeń. Warstwy te zawierają zstandaryzowane dane o porównywalnym stopniu szczegółowości i dokładności, jednolitej legendzie, zapisane w przyjętym układzie współrzędnych.

8. Realizacja bazy danych

8.1. Podsystem GIS zorientowany czasowo

Operacje te były przeprowadzane w podsystemie GIS zorientowanym czasowo. Baza tego podsystemu ma postać modułową, składającą się z modułów wektorowego i rastrowego. Moduł wektorowy zawiera warstwę referencyjną, podkładową, jednoczasowe warstwy informacyjne, oraz dodatkowe warstwy tematyczne. Moduł rastrowy służy do przechowywania wyników klasyfikacji nadzorowanych danych satelitarnych, wykorzystywanych jako materiał źródłowy do opracowywania jednoczasowych warstw informacyjnych.

8.2. Informacje uzyskane w wyniku przetwarzania zdjęć satelitarnych

W celu pozyskania szczegółowych, jednolitych pod względem jakości informacji o wielkoobszarowych wydzieleniach użytkowania ziemi przeprowadzono klasyfikacje nadzorowane zdjęć satelitarnych (wykonanych w latach 1986, 1990 i 1992) metodą maksimum prawdopodobieństwa oraz pomocniczą klasyfikację wielodatową dla okresu 1986–1990. Sposób ich realizacji nie odbiegał od ogólnie przyjętych zasad. Jego wyróżnikiem było jedynie wykorzystanie znacznej liczby wskaźników (roślinności, wieku pokrywy roślinnej, obecności drzew iglastych, uszkodzeń, biomasy, porowatości powierzchni) oraz analiz głównych składowych

na podstawie danych jedno- i wieloczasowych w celu wyboru klucza interpretacyjnego. W rezultacie przeprowadzonych klasyfikacji możliwe było uzyskanie od 19 (1990) do 21 (1986) klas użytkowania ziemi.

8.3. Informacje uzyskane z map dawnych

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, zakres treści dostępnych map dawnych w pełni pozwala na opracowywanie map tematycznych stanów użytkowania ziemi poziomu ogólnego (tab. 1), z uwzględnieniem encji mało- i wielkoobszarowych. Mapy te pozwalają na uzyskanie informacji o zabudowie i terenach towarzyszących (nierzadko z uwzględnieniem funkcji), terenach eksploatacji odkrywkowej, parkach, cmentarzach i terenach zieleni miejskiej, łąkach i pastwiskach, sadach i plantacjach, lasach (ze zróżnicowaniem typów) oraz sieci wodnej.

Zabudowa i tereny towarzyszące

Szczegółowy obraz zabudowy (oraz terenów towarzyszących, tzw. gumien) pojawił się już na *Kriegskarte von Schlesien* (1746–1753) i *Kriegs-Karte des Königreichs Böhmen...* (1764–1767). Wprawdzie zróżnicowanie za pomocą znaków punktowych na zabudowę mieszkalną i użyteczności publicznej pojawiło się dopiero na tzw. mapach katastru stabilnego (1840–1843), zaś zabudowa przemysłowa pojawiła się w *Topographisch-militärischer Atlas von dem souverainen Herzogtume Schlesien mit Oesterreichisch Schlesien* (1809, 1811) i na mapie drugiego kartowania wojskowego Czech (1842–1852), niemniej wcześniejsze mapy zawierają informację o funkcjach zabudowy, przekazaną za pomocą skrótów lub znaków. Na mapach wyróżniano do 13 wydzieleni obiektów użyteczności publicznej oraz 13 typów zabudowy przemysłowej (m. in. fabryki, manufaktury, huty, cegielnie, folusze, młyny, wiatraki, smolarnie). Dane te, po dokonaniu generalizacji jakościowej, pozwalały na sporządzanie warstw informacyjnych o zakresie tematycznym odpowiadającym założonym wydzieleniom mapy użytkowania ziemi. W podobny sposób zajazdy, gospody i stacje dylżansów uwzględniane na mapach dawnych stały się „zabudową turystyczną i rekreacyjną”.

Tereny eksploatacji odkrywkowej

Tereny kopalni odkrywkowych i kamieniołomów przedstawiano za pomocą osobnego

znaku począwszy od mapy drugiego kartowania wojskowego Czech oraz map 1:25 000 (*Mess-tischblätter*), jednak wcześniej obiekty tego typu oznaczano zasięgiem i opisem. W podobny sposób oznaczano do pięciu typów terenów towarzyszących eksploatacji odkrywkowej, jakkolwiek osobne znaki pojawiły się na *Topographische Karte 1:25 000* (*Messtischblätter*) i *General Karte von Central Europa 1:300 000* (1873).

Parki, cmentarze i miejskie tereny zielone

Przed ukazaniem się *Topographische Spezialkarte des Preussischen Staats und angrenzenden Ländern...* Reymanna (1832) oraz zakończeniem prac nad drugim kartowaniem wojskowym Czech (1842–1852), położenie parków oznaczano za pomocą opisu na tle znaku terenów zadrzewionych. Wydzielenie „niska zieleni miejska” pojawiło się na *Mapie topograficznej Polski 1:10 000* układu „1965” oraz na *ZM 10 – Základni mapa ČSSR 1:10 000* (1971–1985), niemniej jednak analiza sposobu przedstawiania terenów towarzyszących zabudowie uzdrowskiej na badanym obszarze i inne materiały uzupełniające wskazują na obecność tego typu użytkowania ziemi oraz możliwość datowania jego powstania. Znaki cmentarzy pojawiły się już w legendzie *Kriegs-Karte des Königreichs Böhmen...* 1:28 000 (1764–1767), obejmującej czeską część badanego obszaru. W przypadku obecnej części polskiej figurują one dopiero w legendzie *Topographische Karte 1:25 000* (*Messtischblätter*), jednak ich położenie (poza terenami przykościelnymi) było już uwzględniane począwszy od *Kriegskarte von Schlesien* (1746–1753).

Łąki i pastwiska

Łąki i pastwiska były oznaczane na mapach wielkoskalowych już od XVIII w. W przypadku obecnej polskiej części Gór Izerskich były one łączone w jedno wydzielenie, aż do ukazania się *Topographische Karte 1:25 000*, zaś w obecnej części czeskiej były traktowane rozdzielnie począwszy od *Kriegs-Karte des Königreichs Böhmen...* (1764–1767), aż do pierwszej wojny światowej.

Sady, ogrody i plantacje

Sady i ogrody pojawiły się jako odrębne wydzielenie na mapie pierwszego kartowania wojskowego Czech (1764–1767) oraz na *Topo-*

graphische Karte vom Preussischen Staate... (1858–1879). Na wcześniejszych mapach niemieckich obejmujących badany obszar tereny sadów były przedstawiane znakiem drzew. Plantacje uwzględniano począwszy od mapy pierwszego kartowania wojskowego Czech oraz od *Topographische Karte 1:25 000* (*Messtischblätter*), lecz zaistniały na badanym terenie dopiero w latach osiemdziesiątych XIX wieku.

Lasy

Zróżnicowanie na lasy liściaste, iglaste, mieszane oraz lasy rzadkie pojawiło się w obecnej części polskiej począwszy od *Kriegskarte von Schlesien* (1746–1753), zaś w czeskiej – od map tzw. katastru stabilnego. Wcześniej informacja taka dla części czeskiej była dostępna jedynie na mapach dóbr ziemskich i częściowo na mapach katastralnych. Na arkuszach 7 i 13 *Kriegs-Karte des Königreichs Böhmen...* (1764–1767) pojawia się (nie uwzględniona w legendzie) informacja o terenach wylesień, przedstawiona metodą chorochromatyczną oraz w formie napisu „wycięty las”. W przypadku późniejszych dokumentów kartograficznych zasięgi wylesień były ustalane na podstawie zmian zasięgu lasów.

Wody

Na wszystkich mapach uwzględniano bagna, tereny podmokłe, zbiorniki wodne i cieki. Wprawdzie na niektórych z nich (np. *Carte topographique et militaire des confins de la Silésie, de la Saxe et de la Moravie 1:100 000* z 1780 r.) rysunek sieci wodnej zawierał nadmierną liczbę krzywizn, niemniej jednak porównanie tego obrazu z informacjami pochodzącymi z wcześniejszych i późniejszych map pozwalało na dokonanie korekcy przebiegu rzek i potoków.

Drogi, koleje, granice

Mapy dawne zawierały również dosyć szczegółową informację o elementach liniowych. Wszystkie badane mapy zawierały informację o drożniach. Opis typów dróg zawarty w instrukcjach wykorzystanych map topograficznych pozwolił na ich reklasyfikację, stosownie do współczesnych kryteriów. Dostępne mapy oraz informacje zawarte w uzupełniających źródłach tekstowych pozwoliły na przedstawienie rozwoju sieci kolejowej oraz zmian przebiegu granic państwowych.

Tabela 1. Zakres treści warstwy referencyjnej oraz źródła pozyskiwania danych – elementy powierzchniowe

Poziom ogólny	Poziom szczegółowy	Źródła danych		
		dane satelitarne	zdjęcia lotnicze	mapy
Wydzielenia powierzchniowe	Wydzielenia powierzchniowe			
1.1.1. Zabudowa mieszkalna	1.1.1. Zabudowa mieszkalna		x	x
1.1.2. Zabudowa użyteczności publicznej	1.1.2. Zabudowa użyteczności publicznej		x	x
1.1.3. Zabudowa turystyczna i rekreacyjna	1.1.3. Zabudowa turystyczna i rekreacyjna			x
1.1.4. Zabudowa przemysłowa i składowa	1.1.4. Zabudowa przemysłowa i składowa	x	x	x
1.1.5. Ruiny zabudowy	1.1.5. Ruiny zabudowy		x	x
1.2. Tereny towarzyszące zabudowie	1.2.1. Tereny towarzyszące zabudowie o charakterze miejskim 1.2.2. Tereny towarzyszące zabudowie o charakterze wiejskim		x	x
1.3. Tereny przemysłowe, handlowe i transportowe	1.3.1. Tereny przemysłowe i składowe 1.3.2. Tereny kolejowe 1.3.3. Tereny zajęte przez infrastrukturę drogową 1.3.4. Tereny zajęte przez inną infrastrukturę techniczną	x	x	x
1.4. Tereny eksploatacji odkrywkowej	1.4.1. Tereny kopalni odkrywkowych i kamieniołomów 1.4.2. Tereny kopalni odkrywkowych i kamieniołomów, zarośnięte roślinnością trawiastą 1.4.3. Tereny kopalni odkrywkowych i kamieniołomów, zarośnięte krzakami i drzewami	x	x	x
1.5. Tereny towarzyszące eksploatacji odkrywkowej	1.5.1. Hałdy 1.5.2. Hałdy zarośnięte roślinnością trawiastą 1.5.3. Hałdy zarośnięte krzakami i drzewami	x	x	x
1.6. Tereny budów	1.6.1. Budowy		x	
1.7.1. Parki	1.7.1. Parki		x	x
1.7.2. Niska zieleń miejska	1.7.2. Niska zieleń miejska		x	x
1.7.3. Tereny sportowe i rekreacyjne	1.7.3. Tereny sportowe i rekreacyjne	x	x	x
1.7.4. Cmentarze	1.7.4. Cmentarze	x	x	x
2.1. Grunty orne	2.1.1. Grunty orne bez grup drzew i krzaków 2.1.2. Grunty orne z udziałem grup drzew i krzaków	x	x	x
2.2.1. Sady	2.2.1. Sady	x	x	x
2.2.2. Ogrody	2.2.2. Ogrody		x	x
2.2.3. Plantacje	2.2.3. Plantacje		x	
2.2.4. Szklarnie i tunele foliowe	2.2.4. Szklarnie i tunele foliowe		x	
2.3. Łąki i pastwiska	2.3.1. Łąki 2.3.2. Pastwiska	x	x	x
2.4. Złożone systemy upraw	2.4.1. Przydomowe złożone systemy upraw 2.4.2. Tereny rolnicze z dużym udziałem roślinności naturalnej	x	x	
3.1. Las liściasty	3.1.1. Las liściasty zdrowy 3.1.2. Las liściasty osłabiony (zniszczenia do 10%) 3.1.4. Las liściasty silnie osłabiony (zniszczenia od 10 do 50%) 3.1.5. Las liściasty obumierający (zniszczenia powyżej 50%) 3.1.6. Las liściasty martwy 3.1.7. Formacje strzał drzew liściastych	x	x	
3.2. Wylesienia drzewostanów liściastych	3.2.1. Całkowite wylesienia lasów liściastych z obecnością grup strzał drzew 3.2.2. Całkowite wylesienia lasów liściastych z częściową obecnością ściółki 3.2.3. Całkowite wylesienia lasów liściastych bez pokrywy roślinnej 3.2.4. Całkowite wylesienia lasów liściastych z częściową obecnością formacji trawiastych 3.2.5. Całkowite wylesienia lasów liściastych z obecnością zwartych formacji trawiastych	x	x	

3.3. Las iglasty	3.3.1. Las iglasty zdrowy 3.3.2. Las iglasty osłabiony (zniszczenia do 10%) 3.3.3. Las iglasty silnie osłabiony (zniszczenia od 10 do 50%) 3.3.4. Las iglasty obumierający (zniszczenia powyżej 50%) 3.3.5. Las iglasty martwy 3.3.6. Formacje strzał drzew iglastych	x		
3.4. Wylesienia drzewostanów iglastych	3.4.1. Całkowite wylesienia lasów iglastych z obecnością grup strzał drzew 3.4.2. Całkowite wylesienia lasów iglastych z częściową obecnością ściółki 3.4.3. Całkowite wylesienia lasów iglastych bez pokrywy roślinnej 3.4.4. Całkowite wylesienia lasów iglastych z częściową obecnością formacji trawiastych 3.4.5. Całkowite wylesienia lasów iglastych z obecnością zwartych formacji trawiastych	x	x	
3.5. Las mieszany	3.5.1. Las mieszany zdrowy 3.5.2. Las mieszany osłabiony (zniszczenia do 10%) 3.5.3. Las mieszany silnie osłabiony (zniszczenia od 10 do 50%) 3.5.5. Las mieszany martwy 3.5.6. Formacje strzał drzew lasu mieszanego	x	x	
3.6. Wylesienia drzewostanów mieszanych	3.6.1. Całkowite wylesienia lasów mieszanych z obecnością grup strzał drzew 3.6.2. Całkowite wylesienia lasów mieszanych z częściową obecnością ściółki 3.6.3. Całkowite wylesienia lasów mieszanych bez pokrywy roślinnej 3.6.4. Całkowite wylesienia lasów mieszanych z częściową obecnością formacji trawiastych 3.6.5. Całkowite wylesienia lasów mieszanych z obecnością zwartych formacji trawiastych	x	x	
3.7. Kosówka	3.7.1. Kosówka zdrowa 3.7.2. Kosówka osłabiona (zniszczenia do 10%) 3.7.3. Kosówka silnie osłabiona (zniszczenia od 10 do 50%) 3.7.4. Kosówka obumierająca (zniszczenia powyżej 50%) 3.7.5. Kosówka martwa 3.7.6. Szczątki kosówki		x	x
3.8. Wylesienia kosówki	3.8.1. Całkowite wylesienia kosówki z obecnością grup strzał 3.8.2. Całkowite wylesienia kosówki z częściową obecnością ściółki 3.8.3. Całkowite wylesienia kosówki bez pokrywy roślinnej 3.8.4. Całkowite wylesienia kosówki z częściową obecnością formacji trawiastych 3.8.5. Całkowite wylesienia kosówki z obecnością zwartych formacji trawiastych	x	x	x
3.9. Młodniki i szkółki leśne	3.9.1. Młodniki zdrowe 3.9.2. Młodniki osłabione 3.9.3. Młodniki obumierające 3.9.4. Młodniki martwe 3.9.5. Wylesienia młodników 3.9.6. Zalesienia 3.9.7. Szkółki leśne	x	x	
4.1. Zakrzaczenia	4.1.1. Zakrzaczenia	x	x	x
5.1. Otwarte tereny pozbawione roślinności	5.1.1. Skąły 5.1.2. Beton 5.1.3. Pożarzyska 5.1.4. Odsłonięta gleba	x	x	x
6.1. Śródlądowe tereny podmokłe	6.1.1. Bagna 6.1.2. Torfowiska		x	x
7.1. Wody śródlądowe	7.1.1. Cieki 7.1.2. Zbiorniki wodne	x	x	x

Tabela 2. Zakres treści warstwy referencyjnej oraz źródła pozyskiwania danych – elementy liniowe

Poziom ogólny	Poziom szczegółowy	Źródła danych		
		dane satelitarne	zdjęcia lotnicze	mapy
8.1.1. Drogi o nawierzchni utwardzonej	8.1.1. Drogi o nawierzchni utwardzonej	x	x	x
8.1.2. Drogi o nawierzchni nieutwardzonej	8.1.2. Drogi o nawierzchni nieutwardzonej	x	x	x
8.1.3. Ścieżki	8.1.3. Ścieżki		x	x
8.1.4. Dukty	8.1.4. Dukty		x	x
8.2. Linie kolejowe	8.2.1. Linie kolejowe normalnotorowe		x	x
	8.2.2. Linie kolejowe normalnotorowe w budowie			x
	8.2.3. Linie kolejowe normalnotorowe nieczynne			x
	8.2.4. Linie kolejowe wąskotorowe		x	x
	8.2.5. Linie kolejowe wąskotorowe w budowie			x
	8.2.6. Linie kolejowe wąskotorowe nieczynne			x
8.3. Inne urządzenia transportowe	8.3.1. Kolejki linowe (przemysłowe)		x	x
	8.3.2. Taśmociągi		x	x
	8.3.3. Wyciągi narciarskie		x	x
9.1.1. Granica parku narodowego	9.1.1. Granica parku narodowego			x
9.1.2. Granica parku krajobrazowego	9.1.2. Granica parku krajobrazowego			x
9.1.3. Granica strefy chronionego krajobrazu	9.1.3. Granica strefy chronionego krajobrazu			x
9.1.4. Granica rezerwatu przyrody	9.1.4. Granica rezerwatu przyrody			x
9.5.0. Granice polityczne	9.5.0. Granica państwa			x
	9.5.1. Granica jednostki administracyjnej I rzędu			x
	9.5.2. Granica jednostki administracyjnej II rzędu			x
	9.5.3. Granica jednostki administracyjnej III rzędu			x
	9.5.4. Granica jednostki administracyjnej IV rzędu (obec', sołectwo)			x

8.3. Zakres treści warstw referencyjnych i warstw jednoczasowych

Przeprowadzone prace pozwoliły na ustalenie zakresu treści warstwy referencyjnej poziomu szczegółowego (o szczegółowości i dokładności odpowiadającej mapie 1:10 000 i 86 wydzieleniach), przeznaczonej do sporządzania jednoczasowych warstw poziomu szczegółowego dla okresu od 1975 do 1994 r. oraz poziomu ogólnego (o 53 wydzieleniach), umożliwiającej wykonywanie jednoczasowych warstw informacyjnych poziomu ogólnego od 1767 do 1994 r. (tab. 1 i 2).

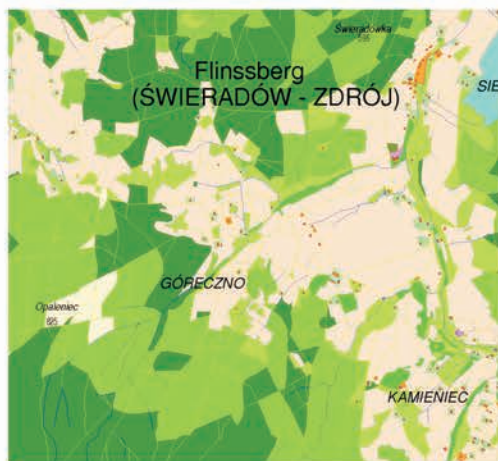
Wykorzystując metodę referencyjno-retrospektywną, utworzono sześć jednoczasowych warstw informacyjnych poziomu szczegółowego (1975–1994) o rozbudowanym zakresie treści (91 wydzieleni powierzchniowych i 23 liniowe) oraz 67 jednoczasowych warstw informacyjnych poziomu ogólnego (1767–1994) o legendzie obejmującej 34 wydzielenia powierzchniowe i 16 liniowych, spełniających założone wymogi jedności i logicznego następstwa zdarzeń. Wycinki sześciu spośród tych warstw przedstawiono na rycinie 4.

9. Realizacja animacji kartograficznej

9.1. Podsystem animacji

Utworzone warstwy posłużyły do wykonania klatek animacji w podsystemie animacji. Podsystem ten posiada strukturę modułową. Jest on budowany przez moduł generacji i prezentacji interaktywnej o bazie danych zasilanych z bazy danych GIS zorientowanego czasowo oraz przez moduł prezentacji animacji programowanej o bazie danych zasilanej przez moduł generacji i prezentacji animacji interaktywnej. W obrębie obu modułów można wyróżnić submoduły funkcjonalne:

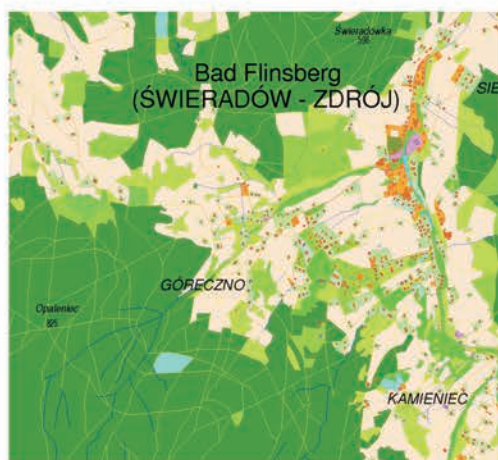
- wymiany danych – pozwalające na import i eksport danych oraz konwersję zbiorów jednoczasowych warstw informacyjnych do klatek stanów czasowych;
- przygotowywania danych do animacji – umożliwiające w przypadku modułu generacji i prezentacji animacji interaktywnej wybór danych, ich rozgrupowanie, edycję i ponowne grupowanie, zaś w przypadku modułu prezentacji animacji programowanej – jedynie wybór danych);
- realizacji animacji – pozwalające na wybór klatek do animacji, wybór poziomów tematycz-



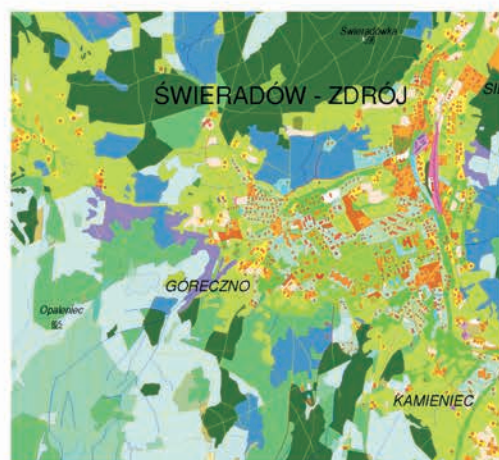
1767



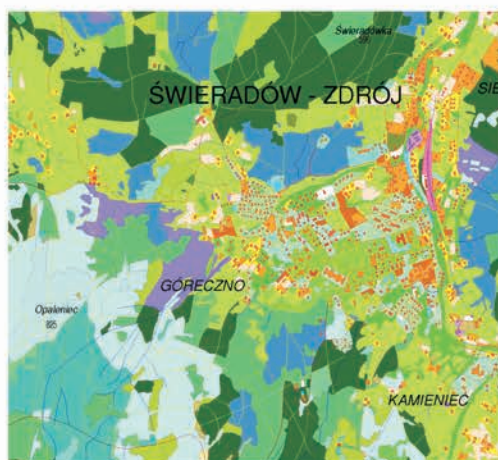
1815



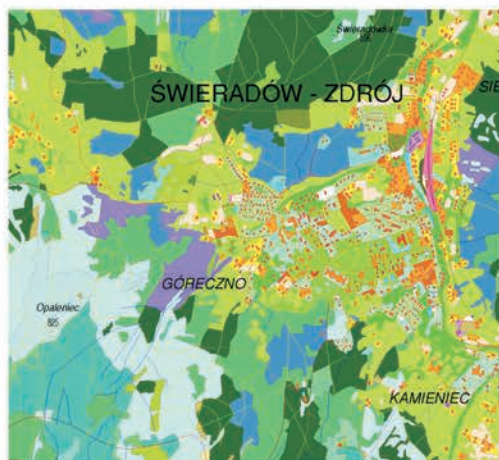
1884



1986



1990



1994

Legenda poziomu ogólnego wybór dla wycinków warstw jednoczasowych: 1767, 1815, 1884.

- zabudowa mieszkalna
- zabudowa użyteczności publicznej
- zabudowa turystyczna i rekreacyjna
- zabudowa przemysłowa i składowa
- ruiny zabudowy
- tereny towarzyszące zabudowie
- tereny przemysłowe, składowe i transportowe
- tereny kopalni odkrywkowych i kamieniołomów
- hałdy
- parki
- niska zieleni miejska
- tereny sportowe i rekreacyjne
- cmentarze
- grunty orne
- sady
- ogrody
- plantacje
- szklarnie
- łąki i pastwiska
- złożone systemy upraw
- las liściasty
- całkowite wylesienia drzewostanów liściastych
- las iglasty
- całkowite wylesienia drzewostanów iglastych
- las mieszany
- całkowite wylesienia drzewostanów mieszanych
- kosówka
- młodniki i szkółki leśne
- zakrzaczenia
- otwarte tereny pozbawione roślinności
- śródładowe tereny podmokłe
- zbiorniki wodne
- drogi o nawierzchni utwardzonej
- drogi o nawierzchni nieutwardzonej
- ścieżki
- dukty
- linie kolejowe normalnotorowe
- cieki

Legenda poziomu szczegółowego wybór dla wycinków warstw jednoczasowych: 1986, 1990, 1994

- zabudowa mieszkalna
- zabudowa użyteczności publicznej
- zabudowa turystyczna i rekreacyjna
- zabudowa przemysłowa i składowa
- ruiny zabudowy
- tereny towarzyszące zabudowie o charakterze miejskim
- tereny towarzyszące zabudowie o charakterze wiejskim
- tereny przemysłowe i składowe
- tereny kolejowe
- tereny zajęte przez infrastrukturę drogową
- tereny zajęte przez inną infrastrukturę techniczną
- tereny kopalni odkrywkowych i kamieniołomów
- budowy
- parki
- niska zieleni miejska
- tereny sportowe i rekreacyjne
- cmentarze
- grunty orne bez grup drzew i krzaków
- grunty orne z udziałem grup drzew i krzaków
- sady
- ogrody
- plantacje
- szklarnie i tunele foliowe
- łąki
- pastwiska
- przydomowe złożone systemy upraw
- tereny rolnicze z dużym udziałem roślinności naturalnej
- las liściasty zdrowy
- las liściasty osłabiony (zniszczenia do 10%)
- las liściasty martwy
- całkowite wylesienia lasów liściastych z obecnością grup strzał drzew
- las iglasty zdrowy
- las iglasty osłabiony (zniszczenia do 10%)
- las iglasty silnie osłabiony (zniszczenia od 10 do 50%)
- las iglasty obumierający (zniszczenia powyżej 50%)
- las iglasty martwy
- formacje strzał drzew iglastych
- całkowite wylesienia lasów iglastych z obecnością strzał drzew
- całkowite wylesienia lasów iglastych z częściową obecnością ściółki
- całkowite wylesienia lasów iglastych bez pokrywy roślinnej
- całkowite wylesienia lasów iglastych z częściową obecnością formacji trawiastych
- las mieszany osłabiony (zniszczenia do 10%)
- las mieszany silnie osłabiony (zniszczenia od 10 do 50%)
- kosówka
- młodniki zdrowe
- młodniki osłabione
- młodniki obumierające
- wylesienia młodników
- zalesienia
- zakrzaczenia
- skały
- odslonięta gleba
- bagna
- torfowiska
- zbiorniki wodne
- drogi o nawierzchni utwardzonej
- drogi o nawierzchni nieutwardzonej
- ścieżki
- dukty
- linie kolejowe normalnotorowe
- wyciągi narciarskie
- cieki

Ryc. 4. Fragmenty jednoczasowych warstw informacyjnych poziomu ogólnego (1767, 1815, 1884) i szczegółowego (1986, 1990, 1994)

Fig. 4. Details from the unitemporal layers of general level (1767, 1815, 1884) and detailed level (1986, 1990, 1994)

Tabela 3. Wykorzystanie statycznych zmiennych graficznych i zmiennych dynamicznych do przekazu informacji o zmianach użytkowania ziemi

Zmienne	Wykorzystanie
Statyczne zmienne graficzne	
Wielkość Jasność Barwa Nasycenie	Informacja o stanie użytkowania ziemi
Zmienne dynamiczne	
Trwanie Porządek Skok zmiany Częstotliwość Czas ekspozycji Sposób przejścia	Położenie stref stabilnych Ogólny ogląd prawidłowości rozprzestrzeniania się zjawisk Ocena szybkości procesów Określenie stref o małej stabilności zmian użytkowania ziemi Ustalenie dat zmian Charakter zachodzących zmian i (pośrednio) czynników, które je spowodowały

nych, określenie typu i techniki wykonania animacji, ustalenie parametrów jej wyświetlania.

9.2. Wykorzystane zmienne graficzne i dynamiczne; typy animacji

W celu realizacji animacji kartograficznej wykorzystano cztery statyczne zmienne graficzne⁶ i sześć zmiennych dynamicznych wprowadzonych przez zespół D. DiBiase'a (1992) i A. MacEachrena (1994), włącznie z jedną spośród trzech nowych zmiennych zaproponowanych przez autora – „sposobem przejścia” (tab. 3).

Przeprowadzona analiza wykazała, że zmiennych tych nie należy traktować jako równorzędne. Stwierdzono, iż wśród statycznych zmiennych graficznych można wyróżnić zmienne podstawowe (wielkość, kształt, jasność/walor, barwa) i uzupełniające (ziarnistość, orientację, przezroczystość i proponowany przez autora połysk), zaś zmienne dynamiczne należałoby traktować raczej jako dodatkowy wymiar dynamizowanych zmiennych statycznych. Stwierdzenie tego faktu stało się przyczyną późniejszego przeprowadzenia szczegółowych badań możliwości i ograniczeń łącznego wykorzystania zmiennych, których pierwsze wyniki zostały już podsumowane (D. Dukaczewski 2003).

W trakcie realizacji animacji kartograficznej wykorzystano równocześnie trzy typy animacji – cykli palety (zmiany barw), polimorficzną (zmiany kształtów) oraz optyczną (polegającą na pojawianiu się i znikaniu obiektów).

⁶ Sześć spośród ośmiu zmiennych graficznych J. Bertina (1967) – wielkość, jasność, ziarnistość, barwa, orientacja, kształt – jest często określanym mianem statycznych zmiennych graficznych (J. K. Rf 1997).

10. Badanie systemu elektronicznej mapy animowanej

Zrealizowany system elektronicznej mapy animowanej umożliwia wykonanie założonych funkcji i zadań. Utworzona baza danych pozwala m. in. na śledzenie dynamiki zmian użytkowania ziemi związanych z przebudową lasów na przełomie XVIII i XIX w. (będącą efektem zrębów zupełnych lasów iglastych i mieszanych oraz zastępowania ich monokulturami świerkowymi), przemian spowodowanych wzrostem funkcji uzdrowskich i turystycznych miejscowości Gór Izerskich, wzrostu industrializacji wyrażającego się powiększaniem udziału terenów przemysłowych i komunikacyjnych, zmian rolniczego użytkowania ziemi spowodowanych czynnikami polityki gospodarczej państwa (zwłaszcza w XIX w.) oraz wpływem cykli ekonomicznych lat dwudziestych i trzydziestych XX w., wreszcie przemian po II wojnie światowej, jak również (począwszy od lat sześćdziesiątych) zmian lesistości spowodowanych klęską ekologiczną i próbami odtworzenia drzewostanów. Baza ta umożliwia również śledzenie zmian sieci komunikacyjnej, wodnej oraz funkcji zabudowy.

Z uwagi na fakt, iż system elektronicznej mapy animowanej jest reprezentantem nowego typu map, za celowe uznano dokonanie badania jego właściwości. Badania te dotyczyły:

- sposobu funkcjonowania systemu,
- metody prezentacji,
- możliwości generowania nowej informacji.

Przeprowadzono również analizę danych uzyskanych z bazy danych elektronicznej mapy animowanej.

W ramach badania sposobu funkcjonowania

systemu elektronicznej mapy animowanej dokonano oceny sposobu edycji danych w środowisku modułu generacji i prezentacji animacji interaktywnej; przeanalizowano również możliwości i ograniczenia uzyskania klątek stanów pośrednich. Przeprowadzone badania pozwoliło stwierdzić, że optymalnym rozwiązaniem jest procedura polegająca na wstępnym utworzeniu pośrednich stanów czasowych w środowisku bazy danych podsystemu GIS zorientowanego czasowo (pomiedzy dostępnymi stanami czasowymi), a następnie „zagęszczeniu” ich za pomocą automatycznego tweeningu⁷. Możliwe jest również uzyskanie stanów pośrednich drogą edycji w module generacji i prezentacji animacji interaktywnej (tzw. tweening nadzorowany). Rozważono możliwości i ograniczenia realizacji animacji, koncentrując się na aspektach związanych z wpływem liczby stanów pośrednich na czas wyświetlania, wpływem zasięgu okna animacji na percepcję dynamiki zmian.

Badanie metody prezentacji potwierdziło przypuszczenie, iż wykorzystanie przez animację znacznej liczby zmiennych graficznych, z których każda może przekazywać równocześnie inną informację, może prowadzić do nagromadzenia zbyt dużej liczby bodźców, a w konsekwencji do znacznego osłabienia percepcji informacji prezentowanych przez mapę. Ponadto realizacja sekwencji o bardzo złożonym charakterze lub zasięgu przestrzennym może spowodować znaczne spowolnienie wyświetlania animacji. W celu uniknięcia tego typu ograniczeń i poprawy percepcji dynamiki zjawisk uznano za celowe wykonywanie zbliżeń czasowo-przestrzennych stref reprezentatywnych zmian użytkowania ziemi.

W ramach badania możliwości generowania nowej informacji zostały przeprowadzone trzy eksperymenty czasowo-przestrzenne przy wykorzystaniu jednoczasowych warstw informacyjnych i pomocniczych tematycznych warstw informacyjnych. Pierwszy z nich stanowił próbę określenia czynników wpływających na powstawanie wylesień w Górach Izerskich. Drugi dotyczył określenia stref zagrożenia erozją gleby, spowodowaną wieloletnią presją działalności gospodarczej. Eksperymenty te zrealizowano drogą nałożenia animacji na stworzone warstwy tematyczne (gleby, litologia, spadki, ekspozycja stoku, wysokość ponad poziom morza, strefy zeru szkodników

⁷ Procedura tweeningu polega na generowaniu stanów pośrednich drogą wyboru i zapisania dwóch stanów jednoczasowych (początkowego *N* – a i końcowego *N*), utworzenia ich kopii (stosownie do liczby pożądaných klątek pośrednich), identyfikacji różnic oraz automatycznej interpolacji zmian.

w poszczególnych latach), analizy wizualnej, a następnie przecięcia wybranych warstw. W ich wyniku uzyskano warstwę informacyjną „czynniki sprzyjające chorobom i obumieraniu lasów” oraz warstwę „tereny o zwiększonym zagrożeniu erozyjnym”. Trzeci eksperyment polegał na uzyskaniu przybliżonych danych statystycznych dotyczących użytkowania ziemi w okresie od 1767 do 1994 r. (poziom ogólny) i w okresie od 1975 do 1994 r. (poziom szczegółowy) dla jednostek administracyjnych IV rzędu (miasto, sołectwo, obec) oraz dokonaniu analizy zmian użytkowania ziemi w okresie od 1767 do 1994 r. W tym celu dokonano przecięcia jednoczasowych warstw informacyjnych pomocniczą warstwą „podział administracyjny poziomu IV w roku 1999”. Uzyskane tą drogą dane, odniesione do współczesnych jednostek podziału administracyjnego najniższego szczebla, posłużyły do obliczenia wskaźników koncentracji. W celu identyfikacji podobieństw struktury użytkowania ziemi w poszczególnych jednostkach administracyjnych wykorzystano taksonomiczną metodę różnic. Zmiany użytkowania ziemi pomiędzy poszczególnymi stanami czasowymi były natomiast badane za pomocą współczynnika redystrybucji. W efekcie przeprowadzonego eksperymentu możliwe stało się wydzielenie dla badanego terenu 12 okresów zmian użytkowania ziemi pomiędzy rokiem 1767 a 1994 oraz 12 typów jednostek terytorialnych, na terenie których te zmiany miały miejsce.

Przeprowadzone badania dowiodły, iż baza elektronicznej mapy animowanej utworzona za pomocą metody referencyjno-retrospektywnej, poza możliwościami prezentacji dynamiki zmian użytkowania ziemi dla długiej próby czasowej, umożliwia również uzyskiwanie danych pozwalających na dokonywanie szczegółowych badań stanu środowiska o charakterze retrospektywnym, śledzenie jego funkcjonowania w chwili obecnej oraz może dostarczać danych pozwalających na prognozowanie jego przyszłego stanu.

11. Wnioski

Przeprowadzone prace o charakterze koncepcyjnym, metodycznym i realizacyjnym oraz testowanie dowiodły, że obecny stan zaawansowania technicznego sprzętu, oprogramowania i technik przetwarzania danych pozwala na sporządzenie elektronicznych map animowanych zmian użytkowania ziemi, stanowiących nową formę prezentacji kartograficznej zjawisk zachodzących dynamicznie w czasie i przestrzeni. Zrealizowane badania potwierdziły, że mapy te pozwalają uniknąć istniejących do tej pory ogra-

niczeń, wynikających ze statycznej formy danych o środowisku, niedogodności ich przetwarzania oraz statyczności prezentacji, wreszcie – w odróżnieniu od map w postaci analogowej – pozwalają na traktowanie czynnika czasu jako jednego z wymiarów prezentacji.

Do ograniczeń elektronicznych map animowanych należy zaliczyć duże rozmiary zbiorów, wysokie wymagania w zakresie parametrów technicznych sprzętu oraz bardzo dużą pracochłonność ich wykonywania. Z uwagi na fakt, iż na mapach tych wykorzystuje się w sposób dynamiczny równocześnie znaczną liczbę zmiennych (co ze względu na duże nagromadzenie bodźców może prowadzić do osłabienia percepcji), celowe wydaje się sporządzanie zbliżeń czasowo-przestrzennych stref reprezentatywnych zmian użytkowania ziemi. Fundamentalne znaczenie dla powodzenia realizacji bazy danych wykonywanej mapy ma spełnienie przez jednoczasowe warstwy informacyjne sformułowanych wymogów jedności i logicznego następstwa zdarzeń, co może rów-

Literatura

- Bertin J., 1967, *Sémiologie graphique: Les diagrammes – les reseaux – les cartes*, Paris/La Haye: Mouton/Gauthier-Villars, 431 s.
- DiBiase D., MacEachren A. M., Krygier J., Reeves C., Brenner A., 1992, *Animation and the role of map design in scientific visualisation*. „Cartography and Cartogr. Inform. Systems” Vol. 19, no. 4, s. 201–214.
- Dukaczewski D., 2000, *Kartograficzna prezentacja dynamiki zmian użytkowania ziemi za pomocą animowanych map elektronicznych na przykładzie Gór Izerskich*. Rozprawa doktorska, Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego

niez implikować wykorzystanie gwarantującej ich zachowanie metody określonej mianem „referencyjno-retrospektywnej”. Do ograniczeń tej metody należy zaliczyć znaczne rozmiary zbiorów oraz dużą pracochłonność opracowania warstwy referencyjnej.

Zrealizowane prace umożliwiły określenie architektury systemu elektronicznej mapy animowanej, opracowanie metody jego realizacji i przetestowanie sposobu funkcjonowania w zakresie organizacji, sposobu generowania dodatkowych informacji i kartograficznej wizualizacji danych. Przeprowadzone eksperymenty dowiodły, że elektroniczna mapa zmian użytkowania ziemi jest bardzo użytecznym narzędziem, ułatwiającym prowadzenie badań nad dynamiką zmian pokrycia terenu, mogącym wspomagać podejmowanie decyzji przestrzennych. W przyszłości może ona również stanowić jedną ze składowych modeli służących do zaawansowanych analiz wieloczasowych.

Zagospodarowania PAN, Warszawa, 183 s., 12 zał., CD-ROM.

Dukaczewski D., 2003, *Metody prezentacji dynamiki za pomocą zmiennych graficznych możliwych do stosowania w elektronicznych animacjach kartograficznych*. Sprawozdanie z realizacji grantu, IGIK, Warszawa, 58 s., 15 zał., CD-ROM.

MacEachren A., Taylor, D.R.F., 1994, *Visualisation in Modern Cartography*, New York: Pergamon.

Rid J. K., 1997, *The third choice*. W: Colloque 30 Ans de la Sémiologie Graphique, Paris, 12–13 Décembre 1997, s. 172–206.

Recenzował prof. dr hab. Andrzej Ciołkosz

Electronic animated map of Izerskie Mountains

Summary

Key words: electronic animated map, time oriented GIS, remote sensing, old maps, land use, reference-retrospect method

The paper describes a concept of electronic animated map (EMA) of land use changes – a tool dedicated to creation of cartographic animations and implementations of the spatio-temporal complex analysis of environment dynamics (using cartographic animations and time-oriented GIS functions). The methodology of creation of EMA is also presented as well as conclusions concerning the testing of created system. Author proposes a new method of creation of time-oriented GIS database called 'reference-retrospect method'. It generates

unitemporal layers (basing on remote sensing and archival cartographical documents), which fulfil *sine qua non* conditions for cartographic animations. Efficiency of designed system was tested on electronic animated map realised for the test site of the Polish and Czech part of the Izerskie Mountains (1767–1994). Performed tests prove that the electronic animated map is a very useful tool, which facilitates research on dynamics of environment. It may also be of assistance in space planning decisions. In the future, it may also constitute one of the components of complex multitemporal analysis models.

Translated by author

Электронная мультипликационная карта Изерских гор

Резюме

В статье представлена концепция системы электронной мультипликационной карты (ЭМК) использования земли – орудия, предназначенного для разработки картографических мультипликаций и проведения комплексных пространственно-временных анализов динамики изменений окружающей среды (с использованием картографических мультипликаций и функции временно ориентированной геоинформационной системы). Представлен метод разработки ЭМК. Рассмотрены также выводы, являющиеся результатом тестирования разработанной системы. Автор представил новый метод создания базы данных GIS, ориентированной во времени, названный референционно-ретроспективным методом, разрешающим генерировать часовые слои (на основе

спутниковых данных, аэрофотоснимков и топографических карт), выполняющих сформулированные автором требования *sine qua non* реализации картографической мультипликации. Исследование способа функционирования этого типа системы были проведены на примере ЭМК польской и чешской части Изерских гор (1767–1994 гг.). Проведённые эксперименты доказали, что ЭМК является очень полезным орудием, облегчающим проведение исследований по динамике изменений состояния окружающей среды, способным помочь при принятии пространственных решений. В будущем может он быть также одной из составляющих модели, служащих для сильно развитых многовременных анализов.

Перевод Р. Толстикова

