

Metodyka opracowania obrazów rastrowych na potrzeby bazy danych Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000

Tomasz Bielecki*

Obrazy rastrowe, stanowiące źródło informacji geometrycznej o terenie i występujących tam zjawiskach mogą i powinny być elementem bazy danych. Muszą jednak spełniać warunek — odpowiedniej precyzji geometrycznej w odniesieniu do warstw wektorowych. Zagadnieniem kluczowym jest wybór odpowiedniej transformacji. Programy transformacyjne powinny rozwiązać ten problem. Na podstawie prowadzonych w Państwowym Instytucie Geologicznym prac nad bazą danych *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000*, można przedstawić zalety i wady kilku z takich programów.

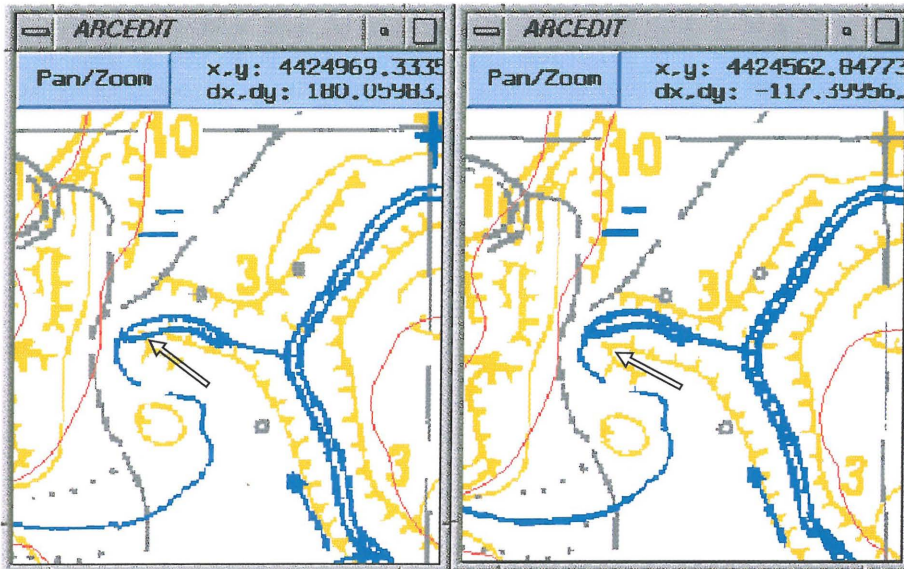
Przetwarzanie map lub innych dokumentów rysunkowych z postaci konwencjonalnej (papier, folia itp.) do postaci numerycznej może być wykonane metodą **skanowania** i późniejszej wektoryzacji (automatycznej, półautomatycznej bądź ręcznej) lub **digitalizacji**.

Wybór metody zależy od wielu czynników: posiadanej bazy sprzętowej i oprogramowania, jakości materiału pod-

legającemu cyfrowaniu, stopnia nasycenia interesującej nas treści rysunku w stosunku do tła, wiedzy i doświadczenia operatorów, a przede wszystkim od celu i dokładności jakim mają służyć w obranej technologii obrazy wektorowe i rastrowe.

Każda z metod ma swoje zalety i wady. **Digitalizacja** — nie wymaga drogich skanerów, skomplikowanego i drogiego oprogramowania. Ponadto, dla niektórych opracowań jest szybsza od skanowania i wektoryzacji. Często mamy do czynienia z materiałami (np. mapami), gdzie interesuje nas w danym momencie tylko część informacji, np. wydzielenia geologiczne. Pozostałe elementy treści mapy wpływają jednak na sposób odbioru i interpretacji tej informacji. Dlatego bardzo istotne jest zachowanie możliwie jak najwięcej, uzasadnionej ekonomicznie informacji, np. w postaci tła rastrowego. Ułatwia to wprowadzanie korekt obrazów wektorowych i jest bardziej elastyczne dla nieuniknionych zmian technologii opracowania bazy danych. To co nie zostało zdigitalizowane z rysunku może być później trudne lub wręcz niemożliwe do odtworzenia. Przechowywany zaś wraz z wektorem, **zeskanowany** obraz rastrowy pozostaje nadal materiałem źródłowym, z którego możemy wektoryzować — w zależ-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4,
00-975 Warszawa



Ryc. 1. Po lewej stronie ekranu, złożone trzy rastry (sytuacja — kolor szary, treść wysokościowa — żółty, hydrologia—niebieski). Najcieńsze linie to wektor wydzieleni geologicznych. Jest to widok po transformacji pozostawiającej odchyłki na punktach dopasowania (marker widoczny w prawym górnym narożniku). Ciek „przelewa się” grzbietem skarpy. Po prawej obraz po transformacji precyzyjnej („gumowej”)

ności od celu i potrzeb bazy danych, rozwoju techniki komputerowej, ekonomiki pracy itd. — pozostałe informacje.

W Zakładzie Geologii Czwartorzędu Państwowego Instytutu Geologicznego, we współpracy z firmą Neokart — powstaje baza danych *Szczegółowej mapy geologicznej Polski (SMGP) w skali 1 : 50 000*. Z uwagi na rozmiary przedsięwzięcia (1069 arkuszy map) przyjęto założenie, że elementy treści konwencjonalnej mapy topograficznej (sytuacja, hydrologia i treść wysokościowa) zostaną załadowane do bazy danych w postaci rastrow (gridów), przetransformowanych do wspólnego układu 1942. Warstwy **wektorowe**, zawierają natomiast wszelkie informacje geologiczne, podawane na dotychczasowych mapach konwencjonalnych (geologicznych i dokumentacyjnych) oraz dodatkowo **dane opisowe**. Rastry, warstwy wektorowe i dane opisowe — tworzą jednolity system informacji przestrzennej.

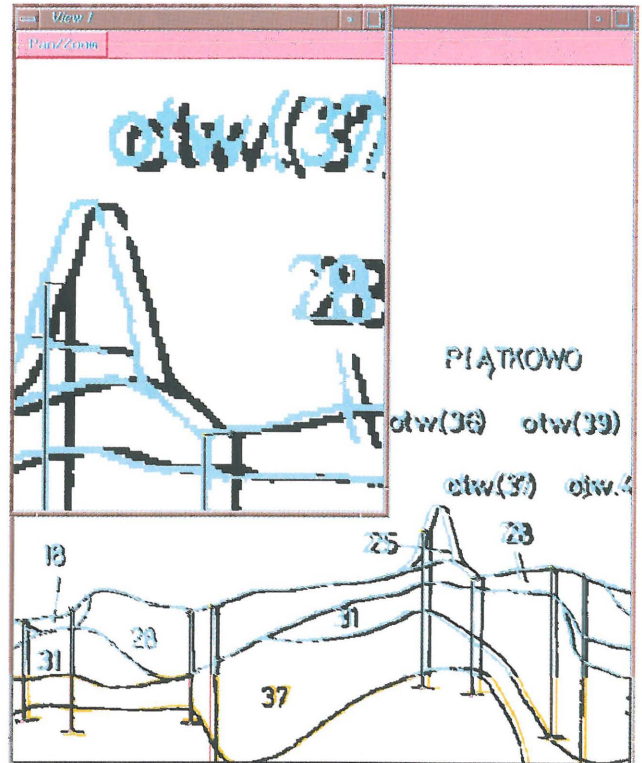
Z uwagi na skalę zadania, zdobywane doświadczenia w procesie tworzenia i rozwoju bazy danych, poznawanie możliwości wykorzystania informacji do analiz i kreowania nowych informacji oraz konieczność modyfikacji i udoskonalania bazy danych — technologia wykorzystująca precyzyjnie przetransformowane obrazy rastrowe — jest rozwiązaniem ze wszech miar słusznym i pożądanym.

Separacja obrazów rastrowych (synt, hyd, izo) umożliwia edycję dowolnych warstw wektorowych (np. wydzielenia geologiczne, dokumentacje, otwory, przekroje itd.) z wybranymi rastrowymi w tle. Złożone obrazy rastrowe muszą jednakże spełniać warunek — wysokiej precyzji transformacji. Tak aby, np. ciek wodny (hyd) nie przelewał się przez ich obwódnie, tj. nasypy, wały, rowy (synt), lecz płynęły ich środkiem (ryc. 1). Rzędna terenowa otworu wiertniczego (wektor — generowany z danych opisowych), powinna się znaleźć wewnątrz linii terenu (rastra) przekroju geologicznego (ryc. 2).

Opisana poniżej technologia, skanowania i transformacji (na podstawie programu ARC/INFO) trzech warstw mapy topograficznej (synt, hyd, izo) ma zastosowanie zarówno

dla obrazów rastrowych (gridów) jak i warstw wektorowych (transformacja), gdzie wymagana jest najwyższa precyzja.

Technologia ta jest również stosowana do wektoryzacji zeskanowanych: map geologicznych, dokumentacyjnych,



Ryc. 2. Fragment przekroju geologicznego. Raster po transformacji pozostawiającej odchyłki (kolor żółty) oraz po transformacji dokładnie wpasowującej obraz rastrowy (kolor czarny) w warstwę wektorową. Cienkie czerwone linie to wektor wierceń geologicznych, a cienkie zielone strzałki — linki wiążące odpowiednie

przekrojów geologicznych oraz częściowo — profili syntetycznych.

Opis technologii

Przygotowanie materiału do skanowania

Folie diapozytywowe (synt, hyd i izo) mają cztery punkty wspólne (narożniki ramki mapy) a to zdecydowanie za mało by skorygować zniekształcenia obrazu spowodowane np. dystorsją kamer skanera, kurczliwością materiału itp. Ponadto cztery punkty zawężają możliwości wyboru bardziej złożonych modeli transformacyjnych. W efekcie obraz nie jest wpasowany dokładnie we współrzędne mapy (szczególnie przy rejestracji skanerem bębnowym). Dlatego konieczne jest wniesienie dodatkowych punktów dopasowania (nazwijmy je markerami), na folie hyd i izo. Końcowy rezultat transformacji jest zależny od liczby i rozmieszczenia markerów (przy pozostałych czynnikach stałych). Na podstawie przeprowadzonych wielu prób transformacyjnych (programy ARC/INFO, RASTER EDIT, różnych modeli transformacji itd. oraz osobistych doświadczeń z programem Pafec RAVEN) — przyjęto rozmieszczenie markerów na przecięciach siatki kilometrowej równomiernie co 2 km plus dodatkowo odpowiednie przecięcia z ramką mapy. Mając tak przygotowane diapozytywy: hyd oraz izo możemy przystąpić do skanowania.

Skanowanie

Wybór skanera, dobór odpowiedniej rozdzielczości i kontrastu to najważniejsze czynniki decydujące o końcowym rezultacie na tym etapie prac. Skanery są coraz precyzyjniejsze, jednak nie bez wad. Oryginalny obraz ulega niewielkiemu, ale czasem istotnemu zniekształceniu w procesie skanowania w zależności od precyzji skanera. Nie jest tu jednak tak istotna bezwzględna precyzja skanera, jak powtarzalność i systematyczność błędów. Generalnie skanery (bębnowe lub płaskie) o dużej rozdzielczości są dokładniejsze. Trzeba jednak pamiętać, że niektóre typy skanerów wykorzystują techniki interpolacyjne dla podwyższenia rozdzielczości. Dlatego warto się upewnić w ile kamer jest wyposażony skaner. Zasada jest następująca: Rzeczywista (max.) rozdzielczość = $100\text{dpi} \times (\text{liczba kamer} + 1)$

Tak więc, po skanerze o dwóch kamerach możemy się spodziewać wysokiej dokładności skanowania do 300 dpi, o dziewięciu odpowiednio 1000 dpi. Powyżej tych rozdzielczości musimy się liczyć z błędami interpolacyjnymi wpływającymi na dokładność geometryczną rastra.

Zwiększanie rozdzielczości (do pewnych, rozsądnych rozmiarów) powoduje podniesienie jakości wizualnej rastra i wierniejsze odwzorowanie drobnych detali rysunku. Z drugiej strony, powoduje lawinowy wzrost pojemności zbiorów. Konieczny jest więc tutaj sensowny kompromis. Z doświadczeń prac nad SMGP wynika, że diapozytywy (topografii) nie powinny być skanowane z rozdzielczością mniejszą jak 400 dpi. Wykorzystywane zaś podkłady izo dla późniejszej wektoryzacji i tworzenia modelu przestrzennego terenu — z rozdzielczością co najmniej 600 dpi, a najlepiej wyższą.

Odpowiedni dla poszczególnych folii stopień kontrastu, w zależności od stanu fizycznego materiału, a zwłaszcza od zagęszczenia elementów treści i rozpiętości grubości linii rysunku wpływa na jakość zeskanowanego rastra. Trudno

jest podać jeden uniwersalny parametr kontrastu. Powinien on być dobierany w sposób kinetyczny na fragmencie rysunku zawierającym linie najcieńsze i najgrubsze (lub najbardziej zagęszczone) — do momentu, przy którym cienkie linie są jeszcze widoczne i ciągłe (zwłaszcza dla rastrów, które będą wektoryzowane), a linie grube lub zagęszczone są identyfikowalne.

Rozdzielczość jak i kontrast są czynnikami łącznymi podobnie jak w procesie fotografowania: naświetlanie i wywołanie. Łączny ich dobór decyduje o jakości wizualnej i wierności odwzorowania otrzymanego obrazu.

Transformacja

Ogólnie rzecz biorąc metody transformacji obrazów rastrowych można podzielić na:

a) metody, które w wyniku zastosowania wielomianów transformacyjnych o parametrach wyznaczanych drogą najmniejszych kwadratów, prowadzą do przekształcenia całego obrazu rastrowego z pozostawieniem odchyłek na punktach dopasowania, tj. na punktach o znanych współrzędnych — zarówno na obrazie rastrowym jak i warstwie wektorowej.

b) metody, które prowadzą dodatkowo do usunięcia wyżej wymienionych odchyłek — przez zastosowanie odpowiednich algorytmów interpolacyjnych.

Jeśli użyjemy transformacji z pierwszej grupy, musimy się liczyć z obarceniem obrazu — dużym błędem — powstałym na jednym bądź kilku punktach dopasowania, pomimo, że w pozostałych punktach (np. 95%) błędy są bliskie lub równe zero. W efekcie (po złożeniu dwóch rastrów np. treści wysokościowej i hydrologii), ciek wodny zamiast płynąć w rowie — płynie po jego grzbiecie, chociaż na pobliskich punktach dopasowania błąd był niewielki.

Metody drugiej grupy noszą w języku angielskim sugestywną nazwę *rubber transformation* (transformacja gumowa).

Transformacje gumowe są szczególnie przydatne dla nierównomiernych rozkładów błędów na zeskanowanym obrazie rastrowym. Szczególnie, gdy zależy nam na precyzji geometrycznej obrazu. W punktach dopasowania obraz (rastr) jest niejako przybijany gwoździem do wektora i rozciągany gumowo tylko pomiędzy tymi punktami.

W procesie tworzenia bazy SMGP w skali 1 : 50 000, były testowane różne modele transformacji, z programów: RASTER EDIT i ARC/INFO, przy użyciu różnej liczby punktów dopasowania i ich rozmieszczenia. Po wnikliwej analizie uwzględniającej:

— pracochłonność nanoszenia markerów (przy masowej produkcji regularna siatka jest nanoszona szybciej i precyzyjniej pomimo większej ilości markerów),

— czas rejestracji wektorów dopasowania (najdłuższy dla Raster Edit),

— czas transformacji (kilka minut przy — użyciu programu Raster Edit i PC486DX, ok. 2–3 godz. — dla ARC/INFO i stacji roboczej (st. rob.) przy GRIDWARP, ok. 6 godz. dla programu Pafec RAVEN i (st. rob.) ok. 30 min. — dla ARC/INFO przy opcji ADJUST (st. rob.),

— wygląd obrazu rastrowego po transformacji (niemiłe dla oka rozbitcie ciągłych elementów liniowych i powierzchniowych — (Raster Edit i jedna z transformacji ARC/INFO ADJUST),

— a w szczególności dokładność wpasowania w matematycznie wygenerowany układ 1942 dla danej mapy (ramka + siatka kilometrowa),

— wybrany został jeden z modeli ADJUST programu ARC/INFO.

Transformacja obrazu rastrowego, niezależnie od zastosowanej metody, składa się z dwóch etapów: **rejestracji wektorów dopasowania (linków)** oraz **transformacji właściwej**. W pierwszym etapie możemy wybrać liczbę wektorów dopasowania i ich rozmieszczenie. W drugim zaś najczęściej — algorytm transformacyjny.

Opis transformacji ADJUST ARC/INFO

Zeskanowane folie: syt, hyd i izo — tworzą obrazy rastrowe (w naszym przypadku w formacie TIFF GROUP IV). Wstępnie są one wpasowywane we współrzędne terenowe w układzie 1942 w oparciu o narożniki ramki (REGISTER i RECTIFY). Otrzymują nazwy : syt_r, hyd_r, izo_r. Przechodzimy teraz na format rastrowy **grid** typowy dla ARC/INFO

Arc: imagegrid syt_r syt_g

Przechodzimy do ARCTOOLS.

Po otwarciu wektora (siatka z ramką) zmieniamy cechę edycji z ARC na LINK. Otwieramy grida, np. sytuacji syt g. Wprowadzamy wektory dopasowania (links) pomiędzy odpowiednimi punktami grida i siatki. Dzięki zadanemu parametrowi dociągania (*snapping distance*) wektora do węzła siatki — możemy precyzyjnie wprowadzić początek wektora transformacji bez konieczności powiększania okna. Ponieważ linki powinny mieć początek w punkcie rastra a koniec w odpowiednim punkcie wektora, do opisu opcji transformacji musimy użyć polecenia transformacji odwrotnej (BACKWARD). Po wprowadzeniu wszystkich linków zapisujemy ten zbiór jako np. *linksyt*.

Dużą zaletą tak zdefiniowanych zbiorów linkowych jest to, że możemy je oglądać w formie graficznej oraz modyfikować. Natomiast w tle można wyświetlić kilka warstw gridowych!

Właściwa transformacja następuje po wpisaniu komendy: **adjust** i wybraniu odpowiedniej opcji.

Podsumowując, wybór odpowiedniej metody transformacyjnej (opcji w ramach metody) ma decydujący wpływ zarówno na dokładność wpasowania rastra we współrzędne terenowe, wzajemne korelacje poszczególnych warstw oraz jakość (dokładność i precyzję) rysunku wektorowego.

Opis powyższej transformacji jest uniwersalny i może być zastosowany również do warstw wektorowych.

Z przeprowadzonych testów oraz wyników dokładnościowych uzyskanych podczas prac nad bazą danych SMGP (max. błędy zmierzone między punktami dopasowania) — nasuwa się wniosek, że: dla opracowań o nieco niższych wymaganiach dokładnościowych (ok. 1,5 grubości linii — w naszym przypadku do 20 m w terenie) — wnoszenie markerów na pozostałe folie może być pomijane!

Potrzebne jest tylko: wstępne przetransformowanie wszystkich folii w oparciu tylko o cztery narożniki, np. ramki mapy, zapisanie zbioru linkowego z jednej z warstw (np. syt — bo tam nie musimy wstawiać markerów) i podanie transformacji każdej warstwy informacyjnej tym samym zbiorem linkowym. Niewielkie błędy będą wynikały wówczas w głównej mierze z błędów skanowania, a ściślej mówiąc z powtarzalności tych błędów, jak również ze

szczętkowych (prawie pomijalnych) błędów transformacji wstępnej.

Wnioski końcowe

1. Program transformacyjny ARC/INFO opcja ADJUST — najlepiej spełnia oczekiwania dokładnościowe, jest łatwy, szybki i przejrzysty na etapie wprowadzania linków i ich edycji. Pewną jego wadą, oprócz wysokiej ceny jest to, że sam proces transformacji trwa stosunkowo długo (np. w stosunku do programu RASTER EDIT), chociaż inne programy osiągają tu podobne lub gorsze wyniki (Pafec RAVEN). Przedstawiane w formie graficznej — wektory przesunięć (links) są wygodne i przejrzyste (lokalizacja, wartość i kierunek wektora) w edycji. W większości programów są one opisywane bądź w formie — kolumn cyfr (numer wektora, jego rzutu na oś X i Y), bądź np. średnim błędem kwadratowym transformacji.

2. RASTER EDIT (wersja 3.2) jest dobrym narzędziem do transformacji. Dokładność jest bardzo zbliżona do ARC/INFO opcja ADJUST, chociaż poza punktami do rektyfikacji rzadko, ale mogą się zdarzyć większe odchyłki. Zaś sam proces wprowadzania linków (trzeba tu wziąć pod uwagę, że jest to wersja PC), z uwagi na konieczność częstego stosowania powiększeń i utrudnionego podglądu — już wprowadzonych linków — wymaga żmudnej, długiej pracy operatora. Jest to jednak najszybszy program z przetestowanych (na etapie samej transformacji) i najtańszy z w/w. Ponadto nowa wersja programu — 4.2 (GEO) ma zapewnić konwersję pliku rastrowego do ARC/INFO bez konieczności wstępnej transformacji.

3. Zamiana obrazu rastrowego z formatu TIFF (G4) na format grida w ARC/INFO powoduje zwielokrotnienie objętości zbioru. Tworzenie zaś kompozycji z kilku map i kilku warstw w każdej z nich — trwa nadzwyczaj długo. Z uwagi na ekonomikę i przyjemność pracy sensowniejsze jest przejście z formatu grida (zazwyczaj przechowywanego w bazie danych) na format TIFF lub przechowywanie rastra w tym formacie na innym nośniku informacji (zwłaszcza wówczas, gdy nie będzie on wykorzystywany np. do wektoryzacji automatycznej).

4. Opisana wyżej technologia — pozwala na przechowywanie materiałów autorskich, niezależnie od ich formy i rozmiarów będąc czasami jedyną sposobnością odtworzenia (ewentualnie dalszego opracowania) dokumentów.

L i t e r a t u r a

GIS by ESRI™ : ARC/INFO Version 7: Cell-based Modeling with GRID, ArcScan and Image Integration, ARC Commands (Functional list), Editing Coverages and Tables in ARCDIT (Rubbersheeting and edgematching)

Environmental Systems Research Institute, INC.

Hybrydowy rastrowo-wektorowy edytor wielkoformatowych rysunków skanowanych. dla Microsoft — TSL™ Raster Edit Wersja 3.4 Podręcznik użytkownika.

GOGOŁEK W., JURKUN A., KOCYŁA J., ZIELKE J. & BIELECKI T. — Computer aided production of The 1 :50 000 Detailed Geological Map of Poland 11th ESRI European User Conference, Londyn 1996 r.