

Cyfrowa adaptacja analogowych map geomorfologicznych

Digital adaptation of analogue geomorphological maps

Anna Dmowska*, Joanna Gudowicz, Zbigniew Zwoliński

*Instytut Geoekologii i Geoinformacji, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza,
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań*

Zarys treści: W artykule przedstawiono metodykę cyfrowego opracowania analogowych map geomorfologicznych przy wykorzystaniu systemów informacji geograficznej (GIS). Metoda zaprezentowana została w oparciu o wyniki prac nad opracowaniem dwóch map geomorfologicznych – Mapy Geomorfologicznej Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej (Krygowski 1953) oraz Geomorfologii Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej (Karczewski 1968, 1998). Scharakteryzowane zostały kolejne etapy prac przyjętego postępowania adaptacyjnego. Zwrócono uwagę na możliwe źródła błędów oraz sposoby ich uniknięcia.

Słowa kluczowe: mapy geomorfologiczne, systemy informacji geograficznej, Wielkopolska, Pomorze

Abstract: This paper presents a methodology of preparation of digital geomorphological maps using geographical information systems (GIS). The presented method is based on the results of the study on the preparation of two geomorphological maps – Geomorphological map of the *Wielkopolska-Kujawy Lowland* (Krygowski 1953) and Geomorphology of the *Myślibórz Lakeland* and *Szczecin Lowland* (Karczewski 1968, 1998). Successive stages of the adaptive procedure were described. The attention was paid to the possible sources of errors and how to avoid them.

Keywords: geomorphological maps, geographical information systems (GIS), Great Poland, Pomerania

Wprowadzenie

Mapy geomorfologiczne, przedstawiające typy rzeźby, formy terenu, ich pochodzenie i wiek na dowolnym obszarze stanowią istotny materiał dokumentacyjny o wartości naukowej i praktycznej. Mapa geomorfologiczna, oprócz zastosowań badawczych i środowiskowych powinna być także wykorzystywana m. in. w toku planowania gospodarczego: miejscowego i regionalnego, na równi z mapą geologiczną, hydrograficzną, hydrogeologiczną, mezoklimatyczną, pedologiczną i topogra-

ficzną (Klimaszewski, 1978). W dobie różnokierunkowej informatyzacji życia, w czasach kreowania społeczeństwa informacyjnego, w tym społeczeństwa geoinformacyjnego ważne jest aby mapy geomorfologiczne mogły być praktycznie stosowane wraz z innymi mapami topograficznymi oraz tematycznymi w technologiach numerycznych. Wśród powszechnie dostępnych cyfrowych map środowiskowych w skali całego kraju, zazwyczaj w systemach informacji geograficznej zaliczyć należy szereg baz ogólnogeograficznych takich jak Baza Danych Ogólnogeograficznych (BDO) i

* e-mail: dmowska@amu.edu.pl

Topograficzna Mapa Wektorowa poziomu 2 (VMapL2) oraz wiele baz tematycznych m. in.: Mapa Hydrograficzna Polski (GUGiK, 2005a), Komputerowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski (IMGW, 2004), Mapa Sozologiczna Polski (GUGiK 2005b), Mapa Geośrodowiskowa Polski (MGŚP), Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski (PIG 1996; Marks, Ber, 1999), Mapa Georóżnorodności Polski (Zwoliński, 2008), a także bazy danych wraz z mapami pokrycia terenu i użytkowania ziemi CORINE Land Cover (Bossard i in., 2000). Wśród wymienionych map wciąż brak jest opracowania mapy geomorfologicznej nie tylko dla całego kraju, ale również dla wielu mniejszych i większych regionów Polski. Pewne próby w tym zakresie zostały zapoczątkowane w poznańskim ośrodku geomorfologicznym, gdzie powstały jak na razie trzy cyfrowe mapy geomorfologiczne, do których dostęp jest poprzez repozytorium map Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich (SGP 2009).

W związku z zaistniałymi możliwościami w obrębie systemów informacji geograficznej oraz rosnącym zapotrzebowaniem na cyfrowe mapy geomorfologiczne istotne staje się opracowanie standaryzowanej metodyki cyfrowej adaptacji starych, opublikowanych analogowo map geomorfologicznych. W artykule przedstawiona została propozycja metodyki cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych oraz wnioski i uwagi płynące z prac nad opracowaniem numerycznym dwóch map geomorfologicznych wykonanych w ośrodku poznańskim – Mapy Geomorfologicznej Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej pod redakcją Krygowskiego (1953) oraz Mapy Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej autorstwa Karczewskiego (1968, 1998).

Mapa analogowa to zmniejszony, uogólniony, matematycznie odwzorowany na płaszczyznę obraz określonego obszaru Ziemi, jednoznacznie orientujący w położeniu przestrzennym obiektów występujących na tym obszarze oraz rejestrujący stan rzeczywistości geograficznej zgodny z datą wykonania kartowania (Przewłocki, 2009). Jeśli taką mapą jest mapa tematyczna, np. geomorfologiczna, to w tym przypadku tymi jednoznacznie zorientowanymi obiektami mogą być pojedyncze formy terenu, zespoły rzeźby, typy rzeźby lub też jednostki, strefy czy regiony morfogenetyczne. Natomiast mapą cyfrową (lub komputerową - jak ją nazywa Przewłocki, 2009) jest model wybranej części rzeczywistości geograficznej, który rejestruje obraz jej faktów z możliwością aktualizacji danych w trybie on-line lub czasu rzeczywistego. Mapa cyfrowa jest w tym przypadku bazą danych i

modelem graficznym tejże bazy, dzięki czemu ma charakter dynamiczny pod względem skali, odwzorowania, układu współrzędnych i generalizacji bądź uszczegółowienia treści mapy, a więc jej faktów. Proponowana metoda cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych stanowi punkt wyjścia do dynamicznej aktualizacji starych map geomorfologicznych, korzystając z faktów i zdobyczy merytorycznych w ciągu ostatniego półwiecza w przypadku mapy Krygowskiego (1953) i ponad ćwierćwiecza dla mapy Karczewskiego (1968, 1998).

Mapy geomorfologiczne w Polsce

Znaczenie aplikacyjne map geomorfologicznych zostało dostrzeżone już w latach 50. XX wieku. Na XVIII Kongresie Międzynarodowej Unii Geograficznej (MUG) w Rio de Janeiro przedstawiono 2 koncepcje przygotowywania Szczegółowych Map Geomorfologicznych, a kartowanie geomorfologiczne uznano za jedno z głównych zadań Komisji Geomorfologii Stosowanej (Klimaszewski, 1978). Na XIX Kongresie Międzynarodowej Unii Geograficznej (MUG) w Sztokholmie powołano Podkomisję Kartowania Geomorfologicznego pod przewodnictwem Klimaszewskiego.

Śledząc historię prac nad mapą geomorfologiczną należy wymienić wydanie 30 arkuszy w latach 1958-1969, a w latach 1988-1994 kolejnych 4 arkuszy Szczegółowej Mapy Geomorfologicznej w skali 1:50 000 (Paślawski, 2006). Mapy te są efektem wykonywanego w latach 1950-1968 kartowania geomorfologicznego oraz prac prowadzonych nad Szczegółową Mapą Geologiczną Polski (mapy z lat 1988-1994). Kartowanie geomorfologiczne objęło niemal 80 000 km². Mapy powstałe w jego wyniku pokryły jednak tylko 4% powierzchni Polski (Paślawski, 2006). W roku 1980 wydano Przeglądową Mapę Geomorfologiczną Polski w skali 1:500 000 pod redakcją Starkla (1980). Sporo informacji geomorfologicznej zawierają szkice geomorfologiczne wykonywane jako jedna z części kartowania geologicznego w ramach opracowywania Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000. Jednak najbogatsze zasoby map geomorfologicznych znajdują się w archiwach poszczególnych ośrodków geomorfologicznych oraz w rozproszonych publikacjach monograficznych bądź czasopismach. Mapy te charakteryzują się różnymi skalami przestrzennymi, różnymi sygnaturami, a nawet różnymi metodologiami i metodykami prac terenowych i opracowania kameralnego, zostały opracowane dla

różnych obszarów i przez różnych autorów. Niektóre mapy istnieją jedynie w pojedynczym egzemplarzu (rękopisie) i jak dotąd nie zostały wydane, a stanowią często jedyny geomorfologiczny materiał dokumentacyjny dla danego obszaru. Zatem wiele map jest nadal w unikalnej formie papierowej, analogowej.

Źródła danych – analogowe mapy geomorfologiczne

Proponowaną metodykę cyfrowego postępowania adaptacyjnego analogowych map geomorfologicznych przetestowano na dwóch mapach geomorfologicznych powstałych w poznańskim ośrodku geomorfologicznym. Zasięg przestrzenny omawianych map na obszarze Polski przedstawia ryc. 1.



Ryc. 1. Zasięgi cyfrowo adaptowanych analogowych map geomorfologicznych

1 – Geomorfologia Pojezierza Myśluborskiego i Niziny Szczecińskiej; 2 – Mapa geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej; 3 – granica Polski

Fig. 1. Extents of digital adapted analogue geomorphological maps

1 – Geomorphology of the Myślubórz Lakeland and Szczecin Lowland; 2 – Geomorphological map of the Wielkopolska-Kujawy Lowland; 3 – boundary of Poland

Pierwsza z nich to Mapa Geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej pod redakcją prof. Bogumiła Krygowskiego opracowana w Instytucie Geograficznym Uniwersytetu Poznańskiego na początku lat 50. XX wieku. Mapa ta została opracowana w układzie arkuszy map topograficznych w skali 1:100 000 w układzie odniesienia Borowa Góra 1925. Obejmuje ona obszar około 68 000

km², zawarty pomiędzy Widuchową–Piłą–Bydgoszczą na północy i Bolesławcem–Trzebnicą–Złoczewem na południu, natomiast na zachodzie mapa sięga po Gubin i Kostrzyn, a na wschodzie – Włocławek i Łęczycę. Należy podkreślić, że było to pierwsze opracowanie kartograficzne o tematyce geomorfologicznej tak dużego obszaru na terenie Polski. Do 1953 roku powstało 77 arkuszy, opracowanych przez prof. Krygowskiego i jego współpracowników (Krygowski – 55 arkuszy, Bartkowski – 14, Stęszewski – 4, Kowalska i Tomaszewski po 2 arkusze). W późniejszym okresie (do 1961 roku) 33 arkusze zostały unaczęsnione przez Żyndę (8 arkuszy), Rotnickiego (5), Kozarskiego (5), Krygowską (4), Karczewskiego (3), Bartkowskiego (2), Żurawskiego (2), Krygowskiego (1), Pilarczyka (1). Na mapie wyznaczono 29 form rzeźby – 24 w obrębie zlodowacenia wisły¹ oraz 5 w obrębie zlodowacenia warty². Po raz pierwszy mapa została zaprezentowana w 1961 roku podczas kongresu INQUA w Polsce.

Drugą mapę stanowi mapa Geomorfologia Pojezierza Myśluborskiego i Niziny Szczecińskiej autorstwa prof. Karczewskiego opracowana w Zakładzie Geomorfologii Instytutu Geografii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Mapa ta powstała w wyniku badań terenowych prowadzonych w latach 1958 - 1965 na podkładzie map topograficznych w skali 1:25 000 w obrębie 15 map topograficznych w skali 1:100 000 opracowanych w układzie odniesienia Borowa Góra 1925. Obejmuje obszar ok. 9 100 km². Mapa została opracowana jako załącznik do pracy habilitacyjnej prof. A. Karczewskiego (1968) pt. *Wpływ recesji lobu Odry na powstanie i rozwój sieci dolinnej Pojezierza Myśluborskiego i Niziny Szczecińskiej*. W 1998 roku mapa została wydana przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza (druk GEOMAT) w formie białoczarnej w skali 1:125 000.

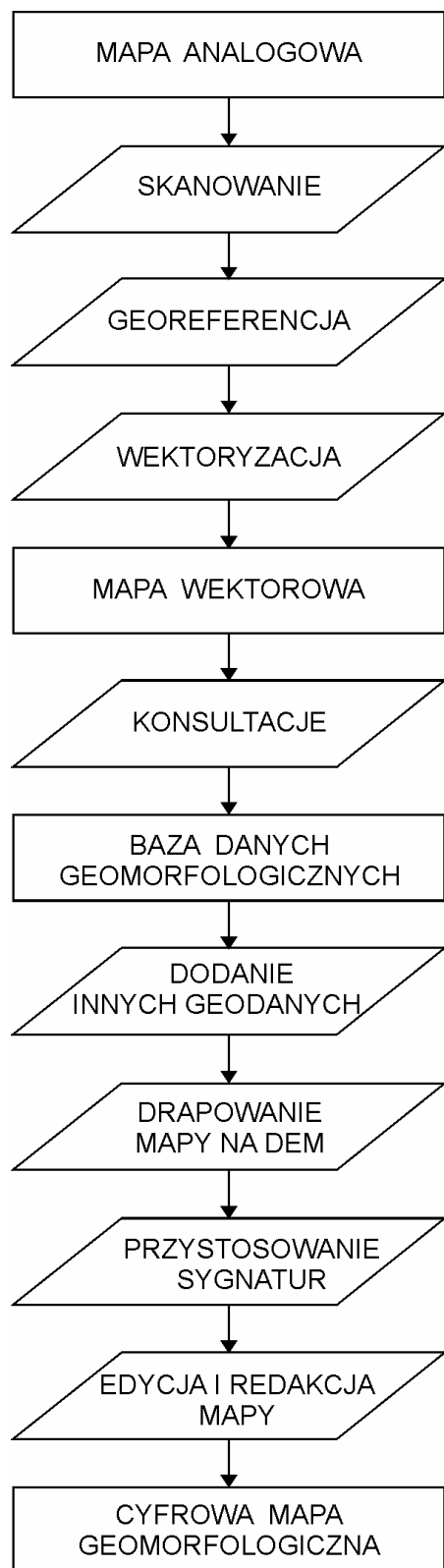
Propozycja metodyki cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych

Rozwój systemów informacji geograficznej wniósł duży wkład w opracowywanie map geomorfologicznych (Gustavsson i in., 2006; Minar, Evans, 2008; Longley i in., 2006). Dużą zaletą geoinformacyjnego tworzenia takich map jest możliwość zestawiania arkuszy o dowolnej skali i zasięgu przestrzennym, łączenia informacji geomorfologicznej z innymi warstwami tematycznymi, a

¹ wówczas nazywanego bałtyckim

² wówczas nazywanego środkowopolskim

w dalszych etapach opracowywania możliwość korzystania z atrybutowej bazy danych.



Ryc. 2. Etapy cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych

Fig. 2. Flowchart of the digital adaptation of analogue geomorphological maps

Przed przystąpieniem do cyfrowej adaptacji mapy geomorfologicznej Krygowskiego (1953) zaproponowano następujący schemat postępowania w systemach informacji geograficznej (ryc. 2):

1. przygotowanie materiałów źródłowych;
2. utworzenie obrazu rastrowego mapy analogowej poprzez skanowanie;
3. georeferencję (rektyfikację) obrazu rastrowego mapy poprzez transformację afiniczną;
4. wektoryzację rastrowego modelu danych kartograficznych mapy;
5. łączenie arkuszy wektorowego modelu danych kartograficznych w mapę bezarkuszową;
6. konsultacje w zakresie wyjaśniania niezgodności atrybutowych na stykach arkuszy;
7. utworzenie poprawnej atrybutowej bazy danych geomorfologicznych;
8. dodanie informacji z innych cyfrowych baz danych;
9. drapowanie wektorowych map geomorfologicznych na cyfrowy model wysokościowy;
10. przystosowanie i redakcja sygnatury mapy geomorfologicznej;
11. edytorskie opracowanie mapy do druku.

Przedstawione etapy postępowania zweryfikowano i ulepszono w trakcie przygotowywania cyfrowej mapy geomorfologicznej wg Karczewskiego (1968, 1998). Należy jednak zwrócić uwagę, że mapa Krygowskiego (1953) składa się z 77 arkuszy formatu A3, natomiast mapa Karczewskiego (1968, 1998) jest opublikowana w 1 arkuszu formatu A1. Uwaga ta jest o tyle istotna, że w przypadku drugiej mapy nie było potrzeby realizowania etapów 5 i 6.

Realizacja cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych

Etap 1: przygotowanie materiałów źródłowych

Utworzenie cyfrowej mapy na podstawie mapy analogowej winno być poprzedzone szczegółową analizą materiału źródłowego. Analiza winna obejmować zestawienie i sprawdzenie ilości i jakości arkusza mapy lub arkuszy w przypadku mapy wieloarkuszowej. W przypadku mapy Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej Karczewskiego (1968, 1998) poproszono autora o weryfikację zasięgu wydzieleni geomorfologicznych oraz „pozamykanie” tych obiektów na

mapie, które w procedurze wektoryzacji staną się obiektami poligonowymi. W analizie jakości arkuszy należy zwrócić uwagę na zniekształcenia mechaniczne papieru, rozdarcia, podklejenia, zagniecenia, zbędne napisy na papierze zarówno w obszarze mapy jak i poza ramką mapy. W razie wystąpienia tego typu zniekształceń należy je w miarę możliwości usunąć lub przystosować arkusz papierowy do jak najlepszego stanu użytkowego. Na tym etapie przeprowadza się także wstępną weryfikację legendy mapy na ile ona spełnia wymagania przestrzennej bazy danych.

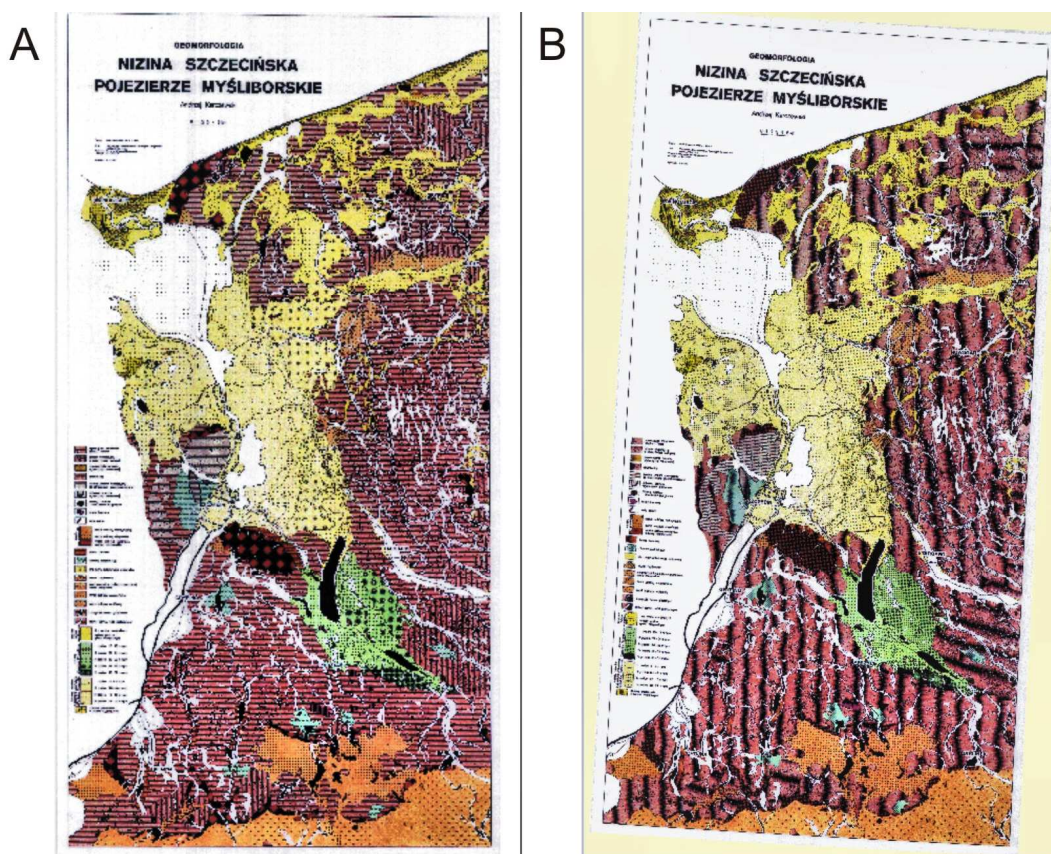
Etap 2: utworzenie obrazu rastrowego mapy analogowej poprzez skanowanie

Jednym ze sposobów pozyskania materiału elektronicznego dla systemu informacji geograficznej jest skanowanie oryginalnej, papierowej, analogowej mapy w celu uzyskania jej cyfrowego obrazu. Procedurę skanowania³ wykonano w peł-

nym zakresie modelu barwnego RGB i rozdzielczości 600 dpi. Przeciętny plik jednego z arkuszy mapy Krygowskiego (1953) ma wymiary 8508 x 6800 komórek obrazu rastrowego, co daje 57854400 komórek na jeden arkusz, a w efekcie plik ma objętość średnio 57 MB. W przypadku mapy Karczewskiego (1968, 1998) obraz cyfrowy mapy ma wymiar 5103 x 9745 komórek (łącznie 49728735 komórek, 142,28 MB).

Etap 3: georeferencja (rektyfikacja) obrazu rastrowego mapy poprzez transformację afiniczną

Proces georeferencji (rektyfikacji) polega na wpasowaniu obrazu rastrowego do obranego układu współrzędnych. Georeferencja może się wiązać z transformacją współrzędnych rastra do układu współrzędnych terenowych bądź tylko ze zdefiniowaniem powiązania tych dwóch układów bez zmiany geometrii rastra źródłowego



Ryc. 3. Georeferencja mapy Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej jako rastrowego modelu danych kartograficznych do układu współrzędnych PUWG 1992

A – mapa przed georeferencją, B – mapa po georeferencji

Fig. 3. Georeferencing of the map Geomorphology of Myślibórz Lakeland and Szczecin Lowland as a raster cartographic data model to coordinate system PUWG 1992

A – map before georeferencing, B – map after georeferencing

³ Do skanowania użyto skanera płaskiego Mustek A3 USB

(Kaczmarek, Medyńska-Gulij, 2007). Wybrane do cyfrowej adaptacji mapy geomorfologiczne zostały utworzone w nieaktualnym już w Polsce od 1952 r. układzie współrzędnych Borowa Góra 1925. Współcześnie w systemach informacji geograficznej wykorzystuje się zazwyczaj układ współrzędnych PUWG 1992 jako standardowy dla opracowań numerycznych w Polsce (Kaczmarek, Medyńska-Gulij, 2007) (ryc. 3).

W przypadku mapy Krygowskiego (1953) transformacje układów współrzędnych z nieużywanego układu Borowa Góra 1925 do układu PUWG 1992 wykonano przy pomocy procedury transformacji afinicznej⁴. Transformację wykonano na podstawie punktów kontrolnych opisanych w ramce mapy. Zastosowanie transformacji afinicznej wymaga przeliczenia⁵ współrzędnych geograficznych z układu odniesienia Borowa Góra 1925 do układu PUWG 1992. W obliczeniach wykorzystano moż-

liwość ustalenia definicji układu przez operatora. Parametry układu Borowa Góra 1925 zostały podane przez Syryjczyka (2005, za Kozakiewiczem). Średni błąd wpasowania (RMSE) przy transformacji map mieścił się w zakresie 1,151 do 13,168 m, wynosząc średnio 6,636 m.

Georeferencja może przysporzyć pewnych trudności w przypadku kiedy mapa pozbawiona jest siatki współrzędnych. Taka sytuacja miała miejsce przy drugiej z opracowywanych map – Geomorfologii Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej (Karczewski, 1998). W tym przypadku wykorzystano podkład w postaci map topograficznych w skali 1:100 000. Współrzędne zostały określone przy pomocy punktów kontrolnych istniejących zarówno na mapie geomorfologicznej jak i topograficznej. Przy rektyfikacji mapy zastosowano również procedurę transformacji afinicznej⁶.



Ryc. 4. Mapa geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej w formie wektorowego modelu danych kartograficznych

Fig. 4. Geomorphological map of the Wielkopolska-Kujawy Lowland in the form of vector cartographic data model

⁴ Georeferencję wykonano w oprogramowaniu Idrisi Kilimanjaro

⁵ Procedurę wykonano w programie Geographic Translator – GEOTRANS 2.2.6.

⁶ Procedura w pakiecie GlobalMapper 8.0.

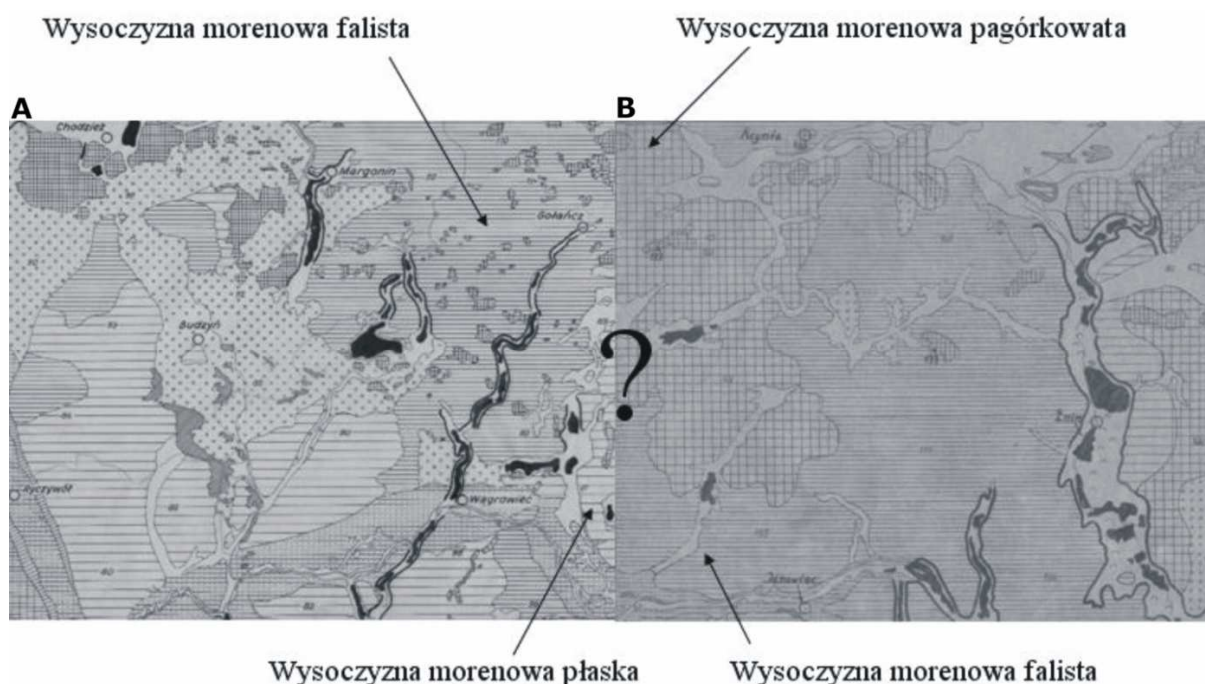
Etap 4: wektoryzacja rastrowego modelu danych kartograficznych mapy

Wektoryzacja jest procesem zamiany formatu rastrowego w wektorowy. Dla wybranych dwóch map geomorfologicznych zastosowano wektoryzację ręczną⁷ z uwagi na skomplikowaną strukturę rysunku map oraz zmniejszenie możliwości popełnienia błędów przy wprowadzaniu etykiet dla poszczególnych obiektów. Należy nadmienić, że można także zastosować grupowe przypisywanie etykiet dla obiektów poszczególnych rodzajów wydzielen. Ten sposób jest szybki, ale może prowadzić do większej ilości błędów. Przedstawione na mapach formy rzeźby wektoryzowane były jako obiekty poligonowe w wektorowym modelu danych kartograficznych. Do obiektów poligonowych zaliczono także formy linijne (np. krawędzie). W efekcie powstała mapa wektorowa zbudowana z sieci poligonów (ryc. 4). Bardzo istotne jest na tym etapie zachowanie topologii obiektów. Przez topologię rozumie się reguły definiujące zasady przestrzennego powiązania obiektów. Topologia poprzez kontrolowanie powiązań geometrycznych między obiektami i utrzymanie ich geo-

metrycznej integralności służy zapewnieniu, że dane tworzą zwartą i bezbłędną całość.

Etap 5: łączenie arkuszy wektorowego modelu danych kartograficznych w mapę bezarkuszową

W przypadku mapy opracowanej w postaci wielu arkuszy ważną czynnością jest łączenie poszczególnych arkuszy w jednolity arkusz mapy. W tym celu wykorzystano procedurę *append*⁸, polegającą na dodawaniu kolejnych arkuszy map do pierwszego arkusza. Arkusze łączone były „na styk”. W czasie tego etapu istnieje możliwość sprawdzenia poprawności georeferencji dla poszczególnych 77 arkuszy w przypadku mapy Krygowskiego (1953). Mapę Karczewskiego (1968, 1998), pomimo że oryginalnie była w jednym arkuszu, to przed jej wektoryzacją podzielono na trzy fragmenty⁹ „na zakładkę” już po georeferencji. Podział mapy „na zakładkę” spowodował pewne utrudnienia przy ponownym łączeniu arkuszy, gdyż uzyskano wąski pas zdublowanych obiektów na granicy łączonych fragmentów mapy. Stąd za efektywniejsze należy uznać łączenie arkuszy „na styk”, gdyż unika się późniejszych procedur czyszczących.



Ryc. 5. Przykładowe arkusze mapy o niejednoznacznych stykach atrybutowych: A) arkusz Wągrowiec 37-24 – unaczęśniony, B) arkusz Żnin 37-25 – nieunaczęśniony

Fig. 5. Sample map sheets with the ambiguous attribute connection: A) sheet Wągrowiec 37-24 – amended, B) sheet Żnin 37-25 – unamended

⁷ Wektoryzację wykonano w oprogramowaniu CartaLinx 1.2.

⁸ Procedura w pakiecie CartaLinx 1.2

⁹ Podziału dokonano z uwagi na przyspieszenie prac digitalizacyjnych

Etap 6: konsultacje w zakresie wyjaśniania niezgodności atrybutowych na stykach arkuszy

Etap ten jest niezwykle ważny pod względem merytorycznym, bowiem dotyczy uzgodnień styków arkuszy w mapie bezarkuszowej. W trakcie łączenia wielu arkuszy, tak jak w przypadku mapy Krygowskiego (1953), napotkać można trudności, wynikające z faktu opracowywania poszczególnych arkuszy przez wielu autorów oraz w różnym okresie. Objawiają się one dwoma rodzajami niezgodności: sporadycznie braku ciągłości przestrzennej obiektów poligonowych oraz zdecydowanie częściej braku jednoznaczności przypisania etykiet do tych samych obiektów na dwóch sąsiadujących arkuszach (ryc. 5).

Pomocne także okazało się wykorzystanie informacji z cyfrowych modeli wysokościowych, obrazów satelitarnych, zdjęć lotniczych czy też warstwy poziomicowej z map topograficznych.

Tego rodzaju niezgodności możliwe są do wykrycia podczas oceny wizualnej łączonych arkuszy. Usuwanie tych niedoskonałości było możliwe dzięki konsultacjom merytorycznym z autorem mapy, tj. prof. Karczewskim oraz dzięki jego sugestiom w trakcie opracowywania mapy Krygowskiego (1953).

Etap 7: utworzenie poprawnej atrybutowej bazy danych geomorfologicznych

Połączenie arkuszy oraz korekta danych przestrzennych i nieprzestrzennych na stykach arkuszy upoważnia do utworzenia bazy danych atrybutowych. Baza ta winna zawierać informacje zgodne z legendami map analogowych. Przy tworzeniu atrybutowej bazy danych wykorzystuje się numeryczne oznaczenia uprzednio przypisane poszczególnym

obiektom poligonowym, odpowiadającym wydzielonym formom rzeźby (ryc. 6). Bazę danych uzupełniono o nazewnictwo typów form rzeźby oraz -w przypadku mapy Karczewskiego (1968, 1998) - o objaśnienia w języku angielskim.

Etap 8: dodanie informacji z innych cyfrowych baz danych

Systemy informacji geograficznej stwarzają możliwość integracji danych z różnych źródeł. Treść mapy geomorfologicznej została wzbogacona o informację hydrograficzną. W przypadku omawianych map dane hydrograficzne pochodzą z mapy wektorowej Podziału Hydrograficznego Polski (KMPHP 2004). Przy tej okazji dokonano zgrubnych korekt zasięgu niektórych wydzielen geomorfologicznych w stosunku do przebiegu rzek i linii brzegowych jezior. Do map dodano także granice administracyjne miast, a w przypadku cyfrowej mapy Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej – współczesną linię brzegową Zalewu Szczecińskiego.

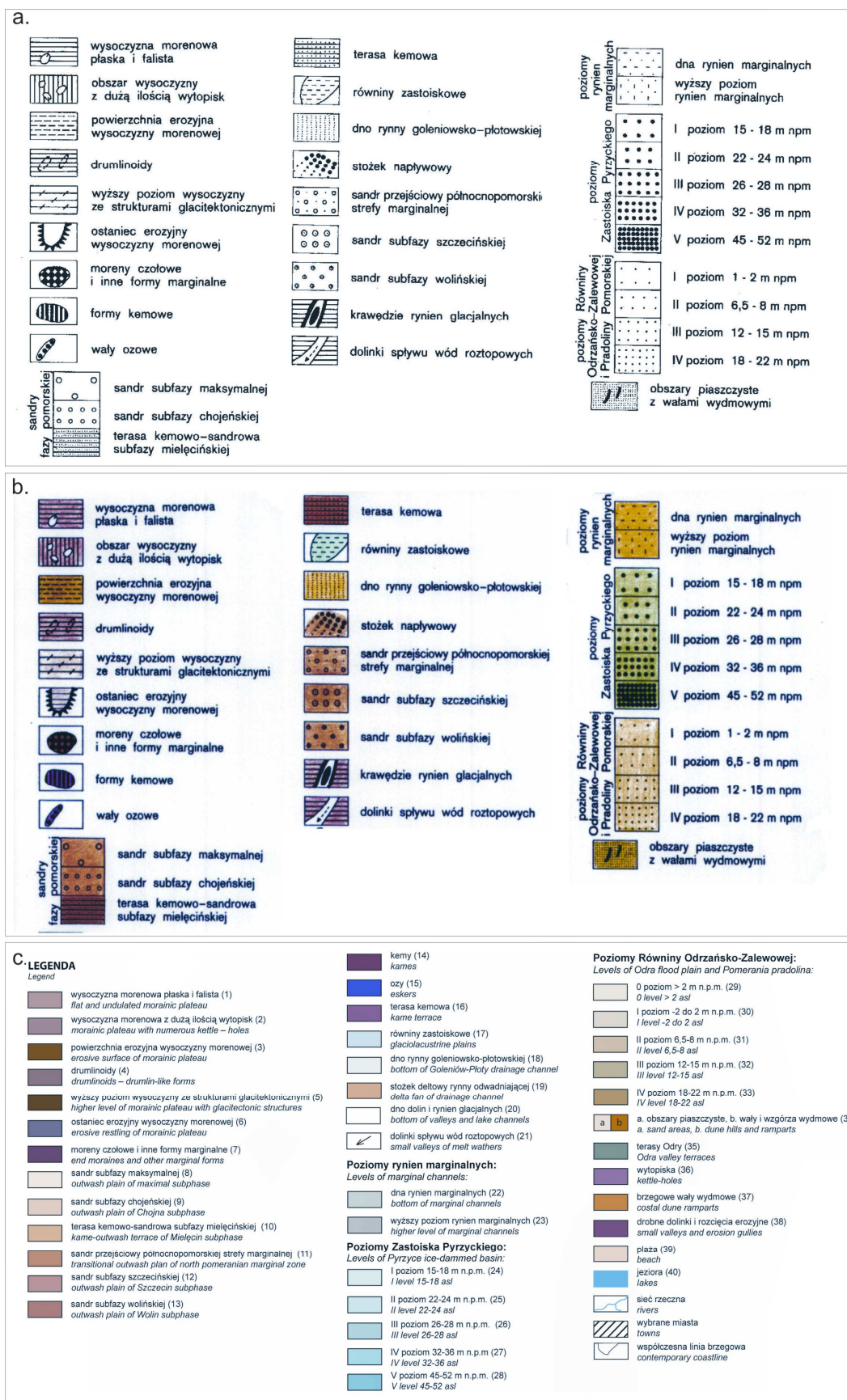
Etap 9: drapowanie wektorowych map geomorfologicznych na cyfrowy model wysokościowy

Dla obydwóch cyfrowych map geomorfologicznych wykonano analizę drapowania na 30-metrowy cyfrowy model wysokościowy w celu stwierdzenia wstępnej poprawności lokalizacyjnej form wklęsłych i wypukłych na obszarach w zasięgu opracowywanych map. W przyszłym etapie opracowań obydwóch map winny być one zestawione i zweryfikowane z cyfrowym modelem wysokościowym (DEM) lub lepiej z cyfrowym modelem terenu (DTM) o wysokiej rozdzielczości, np. 5-metrowym.

AREA	PERIMETER	LOCATOR	Id	forma_opis	forma_ang
13608661.08016	62325.17831	2	34a	obszary piaszczyste	sand areas
2063900.6021	26196.99436	4	37	Brzegowe wały wydymowe	Costal dune ramparts
117706.68567	2568.16502	7	39	plaża	beach
101905.79095	2079.75143	10	39	plaża	beach
1277667.5829	10745.46082	12	34a	obszary piaszczyste	sand areas
278081.65364	4616.28005	15	39	plaża	beach
447803.02439	7386.77697	18	39	plaża	beach
164474.00371	2981.20469	21	37	Brzegowe wały wydymowe	Costal dune ramparts
332357.47923	3013.20292	22	34a	obszary piaszczyste	sand areas
771672.4378	3351.12803	25	36	wytopiska	Kettle-holes
85140.82962	1513.58471	27	34a	obszary piaszczyste	sand areas
34758.12082	731.3936	35	36	wytopiska	Kettle-holes
24391.3605	585.05695	36	36	wytopiska	Kettle-holes
74692.02856	1104.728	37	36	wytopiska	Kettle-holes
10610310.75136	26117.42726	38	1	Wysoczyzna morenowa płaska i falista	Flat and undulatsed morainic plateau
38706.05237	723.2878	39	36	wytopiska	Kettle-holes
2534447.52788	6441.6767	42	3	Powierzchnia erozyjna wysoczyzny morenowej	Erosive surface of morainic plateau
10851731.00405	23908.37666	44	1	Wysoczyzna morenowa płaska i falista	Flat and undulatsed morainic plateau
121770.70597	1917.50897	47	23	Wyższy poziom rynien marginalnych	Higher level of marginal channels
211814.26125	1954.56428	49	1	Wysoczyzna morenowa płaska i falista	Flat and undulatsed morainic plateau
338749.99239	3817.66144	52	23	Wyższy poziom rynien marginalnych	Higher level of marginal channels
23493.35058	644.58921	58	36	wytopiska	Kettle-holes
34442.5418	673.29854	59	36	wytopiska	Kettle-holes
33672.87244	711.88452	60	36	wytopiska	Kettle-holes

Ryc. 6. Fragment atrybutowej bazy danych cyfrowej mapy geomorfologicznej Karczewskiego (1968, 1998)

Fig. 6. Example of the attribute database for geomorphological map by Karczewski (1968, 1998)



Ryc. 7. Legenda do cyfrowej mapy Karczewskiego (1998, 2008); a, b – mapa analogowa, c – mapa numeryczna
 Fig. 7. Map legend by Karczewski (1998, 2008); a, b – analogue map, c – digital map

Etap 10: przystosowanie i redakcja sygnatury mapy geomorfologicznej

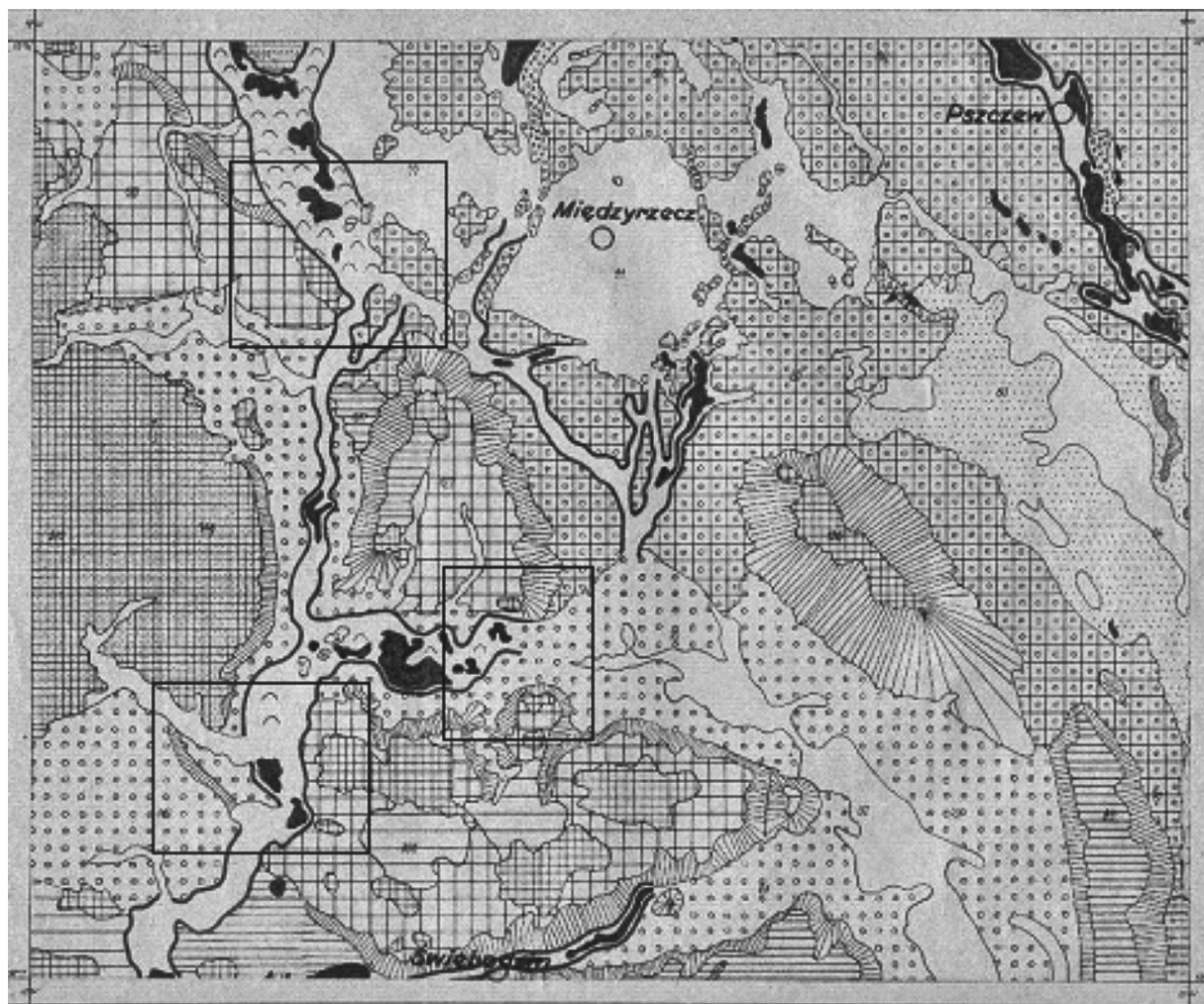
Ostatnim etapem prac przy cyfrowych mapach geomorfologicznych wg Krygowskiego (1953) i Karczewskiego (1968, 1998) jest opracowanie edytorskie mapy wykonywane w celu wydania mapy drukiem.

Mapę wektorową uzupełniono o legendę oraz elementy kompozycji mapy takie jak np. tytuł, skala mapy, informacje o układzie współrzędnych i siatce kartograficznej, zasięgi arkuszy map podstawowych. Przy tworzeniu legendy mapy można wykorzystać barwę (jej odcień i natężenie) w powiązaniu z oznaczeniami literowymi i numerycznymi. Ma to istotny wpływ na czytelność i przej-

rzystość przygotowywanych map. Taką operację zastosowano przy opracowywaniu mapy Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej (ryc. 7).

Etap 11: edytorskie opracowanie mapy do druku

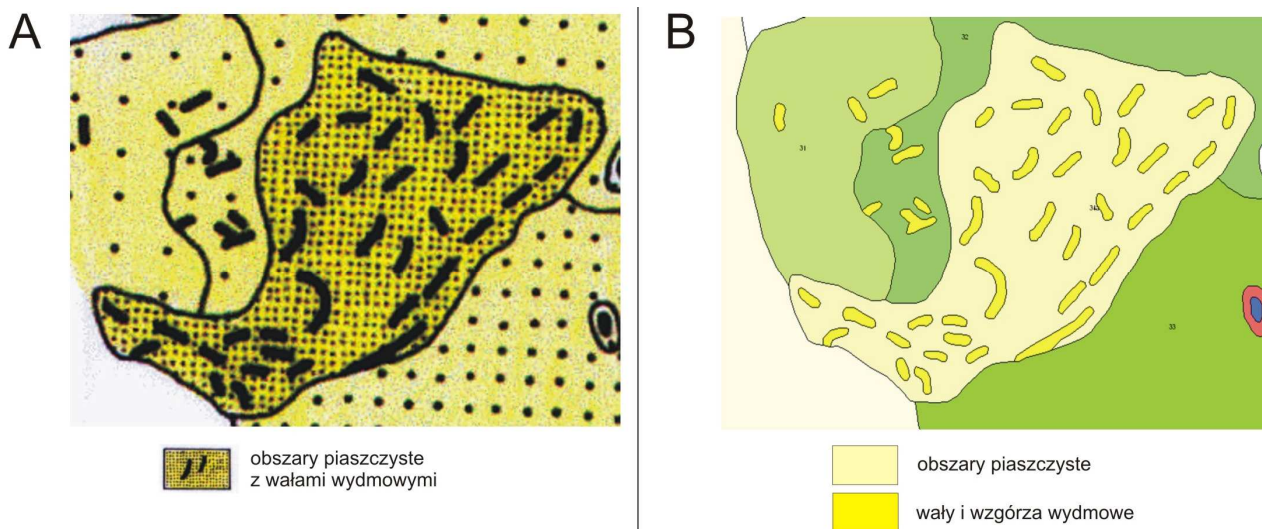
Z punktu widzenia opracowania edytorskiego poszczególne wydzielenia legendy muszą stanowić osobne warstwy informacyjne, którym w wydawnictwie dopiero przypisywano¹⁰ barwy w modelu CMYK. Plik do wydruku miał finalnie postać PDF (ang. *Portable Document Format*). Do kompozycji map dodano tekstowe objaśnienia anglojęzyczne.



Ryc. 8. Przykład niejednoznacznych granic form w kategoriach geoinformacyjnych na mapie geomorfologicznej Krygowskiego (1953) – objaśnienia w tekście

Fig. 8. Example of the ambiguous boundaries for geomorphological forms in Geoinformation terms on the geomorphological map by Krygowski (1953) – explanation in text

¹⁰ Wykorzystywano oprogramowanie Adobe Illustrator



Ryc. 9. Przykład dostosowania oznaczeń wydzielen na mapie geomorfologicznej Karczewski (1998); A – mapa analogowa, B – mapa numeryczna

Fig. 9. Example of the adjustment of signature separation on the geomorphological map by Karczewski (1998); A – analogue map, B – digital map

Charakterystyka potencjalnych problemów w cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych

Cyfrowe opracowanie map geomorfologicznych w systemach geoinformacyjnych przysparzać może pewnych trudności związanych ze specyfiką danych analogowych. Podstawowym problemem jest stworzenie modelu wektorowego danych z zachowaniem reguł topologii. Dla map geomorfologicznych opracowywanych tradycyjnymi metodami niektóre formy rzeźby nie posiadają ostrych oraz jednoznacznie domkniętych granic (ryc. 8)

Przykładem takich form są przede wszystkim doliny rzeczne oraz rynny glacialne i jeziorne. Wektorowy model danych wymaga wyznaczenia jednoznacznych granic pomiędzy wydzieleniami. Konieczne zatem staje się określenie zasięgu rynien, dolin, krawędzi morfologicznych itp. w pierwszym etapie przygotowawczym przed procedurą rasteryzacji map analogowych.

Niezbędne jest wprowadzenie odrębnych oznaczeń dla podwójnych wydzielen oznaczonych wcześniej jedną sygnaturą np. obszary piaszczyste z wałami wydmyowymi (Karczewski, 1998), które muszą zostać opisane dwoma atrybutami – jednym dla wałów wydmyowych oraz drugim dla obszarów piaszczystych (ryc. 9). Z drugiej zaś strony w przypadku mapy Karczewskiego (1968, 1998) wydzielono 39 form zróżnicowanych morfogene-tycznie, łącząc je niekiedy w zespoły jak np.: po-

ziomy zastoiska Pyrzyckiego lub poziomy Równiny Odrzańsko-Zalewowej. Należy zatem wykonać nowe legendy map zawierające wszystkie wydzielenia zarówno pochodzące z oryginalnych map jak i te, które powstały jako efekt współczesnych korekt.

Kolejne trudności związane także ze specyfiką danych źródłowych mogą wystąpić przy rektyfikacji obrazu rastrowego mapy. Część oprogramowań geoinformacyjnych nie ma zaimplementowanych definicji polskich układów współrzędnych. W takiej sytuacji zachodzi konieczność zdefiniowania układu przez użytkownika lub ich importu z innych oprogramowań. Niektóre mapy geomorfologiczne mogą nie posiadać siatki współrzędnych. Wówczas rektyfikację należy wykonać wykorzystując mapy topograficzne jako mapy odniesienia.

Problemy przy opracowaniu numerycznym map mogą wynikać także z błędów operatora podczas poszczególnych etapów pracy. Wystąpić one mogą przy wektoryzacji obiektów, łączeniu styków arkuszy czy przy tworzeniu bazy danych atrybutowych. Możliwe do popełnienia błędy podczas wektoryzacji szerzej omówione zostały m. in. przez Wernera (2004) a w przypadku mapy Karczewskiego (1968, 1998) zostały opisane przez Beszterdę, Łukaszczyka (w druku). Błędy przy tworzeniu bazy danych atrybutowych związane są najczęściej z nieopisanie wydzielenia lub przypisaniem błędnego oznaczenia. Istotna jest zatem kontrola poprawności wykonywanych zadań na każdym etapie cyfrowej adaptacji map. Pomocne mogą być tutaj funkcje dostępne w przestrzennej bazie danych takie jak ustalenie zakresu wartości możliwych do wpi-

sania w danym polu oraz ustalenie reguł topologii obiektów.

Kolejną grupę problemów stanowić mogą niedoskonałości oprogramowania geoinformacyjnego. Przy wyborze stosownego oprogramowania należy zwrócić uwagę na możliwość obsługi przez program dużej ilości danych, wczytania odpowiedniej ilości arkuszy mapy oraz istniejących lub możliwych do zdefiniowania polskich układów współrzędnych. Warto zauważyć, że praca najefektywniej przebiegać będzie przy wykorzystaniu jednego oprogramowania. Gdy poszczególne etapy wykonywane są w kilku oprogramowaniach geoinformacyjnych zachodzi wówczas konieczność zapewnienia konwersji pomiędzy różnymi formatami zapisu danych. Takie możliwości daje najpopularniejszy format shapefile (*.shp), wykorzystywany przy wektorowych modelach danych kartograficznych.

Podsumowanie

Opracowane cyfrowo mapy geomorfologiczne wg Krygowskiego (1953) i Karczewskiego (1968, 1998), które znajdowały się w archiwum ujrzały światło dzienne dzięki pracy studentów Sekcji Geoinformacji Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego. Zespołem studenckim opiekowali się merytorycznie prof. dr hab. Andrzej Karczewski oraz dr Małgorzata Mazurek, Alfred Stach i Zbigniew Zwoliński – ten ostatni jako opiekun Sekcji Geoinformacji SKNG. Cyfrowa Mapa Geomorfologiczna Wielkopolski i Kujaw wg Krygowskiego (1953) została opublikowana elektronicznie i drukiem w kwietniu 2007 roku (Karczewski i in., 2007). Opracowanie poligraficzne wykonano w skali 1:300 000. Natomiast cyfrowa mapa Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej wg Karczewskiego (1968, 1998) została opublikowana w wersji numerycznej oraz drukiem w skali 1:200 000 w listopadzie 2008 roku (Karczewski i in., 2008). Obydwie mapy prezentują stan wiedzy z okresu opracowania terenowego tych map z niewielkimi współczesnymi korektami, głównie w zakresie danych przestrzennych.

W artykule zaproponowano metodę cyfrowej adaptacji analogowych map geomorfologicznych, która sprowadza się do następującego schematu postępowania w systemach informacji geograficznej:

1. przygotowanie materiałów źródłowych;

2. utworzenie obrazu rastrowego mapy analogowej poprzez skanowanie;
3. georeferencję (rektyfikację) obrazu rastrowego mapy poprzez transformację afiniczną;
4. wektoryzację rastrowego modelu danych kartograficznych mapy;
5. łączenie arkuszy wektorowego modelu danych kartograficznych w mapę bezarkuszową;
6. konsultacje w zakresie wyjaśniania niezgodności atrybutowych na stykach arkuszy;
7. utworzenie poprawnej atrybutowej bazy danych geomorfologicznych;
8. dodanie informacji z innych cyfrowych baz danych;
9. drapowanie wektorowych map geomorfologicznych na cyfrowy model wysokościowy; przystosowanie i redakcja sygnatury mapy geomorfologicznej;
10. edytorskie opracowanie mapy do druku.

Metoda ta powstała jako efekt cyfrowego opracowania najpierw mapy Krygowskiego (1953) i później weryfikowana oraz uzupełniana przy opracowywaniu mapy Karczewskiego (1968, 1998). Nie można wykluczyć zatem, że nie pominięto jeszcze jakiegoś etapu opracowania. Być może dalsze cyfrowe adaptacje map geomorfologicznych zwrócą uwagę na kolejne kwestie, które należy uwzględniać w czasie takich opracowań. W zamysle autorów metoda ta nie ma stanowić wytycznych w rozumieniu jak dla map hydrograficznych (GUGiK 2005a), sozologicznych (GUGiK 2005b) czy geologicznych (Marks, Ber, 1999; PIG 1996), jakkolwiek niekiedy jest do nich zbliżona. Proponowana metoda ma charakter otwarty i możliwe jest jej rozbudowywanie. Metoda cyfrowej adaptacji map analogowych ma także cechy uniwersalne i stąd wydaje się, że istnieje realna możliwość zastosowania proponowanej metodyki do cyfrowego opracowywania innych map tematycznych, również z ewentualnymi modyfikacjami.

Podziękowania

Autorzy dziękują za wkład w pracach nad cyfrową adaptacją analogowych map geomorfologicznych: prof. zw. dr hab. Andrzejowi Karczewskiemu, dr Małgorzacie Mazurek, dr Alfredowi Stachowi, Jackowi Zwolińskiemu oraz studentom z sekcji geoinformacji Studenckiego Koła Naukowego Geografów im. Stanisława Pawłowskiego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Literatura

- Beszterda I., Łukaszczyk T., w druku. Digitalizacja ekranowa jako etap cyfrowego opracowania mapy geomorfologicznej Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej.
- Bossard M., Feranec J., Otahel J., 2000. CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000. Technical report No 40, EEA, København.
- GUGiK [Główny Urząd Geodezji i Kartografii], 2005a. Wytyczne Techniczne GIS – 3. Mapa Hydrograficzna Polski, skala 1:50 000 w formie analogowej i numerycznej. Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- GUGiK [Główny Urząd Geodezji i Kartografii], 2005b. Wytyczne Techniczne GIS – 4. Mapa Sozologiczna Polski, skala 1:50 000 w formie analogowej i numerycznej. Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Gustavsson M., Kolstrup E., Seijmonsbergen A.C., 2006. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, 77: 90–111.
- IMGW [Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej], 2004. Komputerowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski.
- Kaczmarek L., Medyńska-Gulij B., 2007. Źródła i metody pozyskiwania danych przestrzennych w badaniach środowiska przyrodniczego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Karczewski A., 1968. Mapa Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej. Wpływ recesji lobu Odry na powstanie i rozwój sieci dolinnej Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej. *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. z.105
- Karczewski A., Dmowska A., Stach A., Gudowicz J., 2008. Mapa Geomorfologia Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej. Opracowanie numeryczne. Instytut Paleogeografii i Geoekologii, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań.
- Karczewski A., Mazurek M., Stach A., Zwoliński Z., 2007. Mapa geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej pod redakcją B. Krygowskiego w skali 1: 300 000. Opracowanie numeryczne. Instytut Paleogeografii i Geoekologii, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań.
- Klimaszewski M., 1978. Geomorfologia. PWN, Warszawa.
- Krygowski B., 1953. Mapa geomorfologiczna Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej. MS.
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., 2006. GIS. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Marks L., Ber A. (red.), 1999. Metodyka opracowania Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Minar J., Evans I.S., 2008. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. *Geomorphology*, 95: 236–259.
- Paślowski J., 2006. Wprowadzenie do kartografii i topografii. Wydawnictwo Nowa Era, Wrocław.
- PIG [Państwowy Instytut Geologiczny], 1996. Instrukcja opracowania i wydania Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000. MOSZNiL, Warszawa.
- Przewłocki S., 2009. Geomatyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- SGP [Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich], 2009. Repozytorium map SGP Online 8.11.2009: <http://www.sgp.org.pl/repozytorium.html>.
- Syryjczyk T., 2005. Borowa Góra 1925. Online 1.02.2010: www.syryjczyk.krakow.pl.
- Werner P., 2004. Wprowadzenie do systemów geoinformacyjnych. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Zwoliński Z., 2008. Designing a map of the geodiversity of landforms in Poland. IAG and AIGEO International Meeting „Environmental Analysis and Geomorphological Mapping for a Sustainable Development”, Addis Ababa, Ethiopia, February 26, 2008. Abstract Book: 18-22.