

Jednostki fizycznogeograficzne na tle Numerycznego Modelu Terenu i ortofotomapy na przykładzie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej

Physico-geographical units against the Digital Terrain Model and the orthophotomap as exemplified by Silesia and Krakow Highland

Jerzy Nita

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; jerzy.nita@us.edu.pl

Zarys treści: Autor proponuje, aby w przypadku potrzeby szczegółowego wyznaczania granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych oraz fizycznogeograficznych wykorzystywać do tego celu rzeźbę terenu prezentowaną na NMT (Numerycznych Modelach Terenu) weryfikowaną na ortofotomapie. Prezentowane do tego celu metody badań oparte na NMT jednostek geomorfologiczno-strukturalnych z wykorzystaniem metod GIS, w tym wizualizacji przestrzennej, dają nowe możliwości wyróżniania dokładnych, a czasem nowych podziałów przestrzennych. Metody modelowania i wizualizacji za pomocą oprogramowania komputerowego umożliwiają poszukiwanie linii strukturalnych, zmian nachylenia terenu, linii brzegowych śledzonych zmian w obrębie rzeźby terenu. Pozwala to na znacznie precyzyjniejsze określenie granic zwłaszcza jednostek geomorfologiczno-strukturalnych, ale również fizycznogeograficznych. Problemy GIS-owskie związane ze współczesną zmianą dokładności granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych oraz fizycznogeograficznych analizowane są na przykładzie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej.

Słowa kluczowe: NMT (Numeryczny Model Terenu), ortofotomapa, rzeźba, jednostki geomorfologiczno-strukturalne, Wyżyna Śląsko-Krakowska

Abstract: The author proposes that, in the case of need for detailed limit specification of geomorphologico-structural and physico-geographical units, the relief – as presented in the DTM (Digital Terrain Models) and verified with the orthophotomap – can be used. Investigation methods used to that end, based upon the DTM of geomorphologico-structural units with the application of GIS methods, including spatial visualisation, offer new possibilities for generation of exact, and – occasionally – new spatial divisions. Modelling and visualisation methods, implemented by means of computer software, offer major possibilities for seeking structural lines, changes to terrain sloping, shorelines, or monitored changes to relief. This provides enormous opportunities for considerably more precise limit specification, in particular of geomorphologico-structural units, but also of physico-geographical ones. GIS-related problems connected with contemporary change in precision of geomorphologico-structural and physico-geographical unit limits are analysed on the example of Silesia and Krakow Highland.

Key words: DTM (Digital Terrain Models), orthophotomap, relief, geomorphologico-structural units, Silesia and Krakow Highland

W podziale Polski na jednostki geomorfologiczno-strukturalne i fizycznogeograficzne prawie wszystko zostało już ustalone. Jeśli jednak dokładnie przeanalizujemy granice na tradycyjnych mate-

riałach kartograficznych, to powstaje problem małej dokładności starszych opracowań w zestawieniu z najnowszymi technologiami kartograficznymi typu GIS. Opracowania GIS-owskie wymuszają precyzję

stosowanych systematyk, dlatego rośnie zapotrzebowanie na uszczegółowienie i większą dokładność podziałów regionalnych. Z drugiej strony dla wielu opracowań nie wystarcza już podział na mezoregiony, makroregiony, prowincje, podprowincje. Współczesne skale lokalnych i regionalnych opracowań wymuszają coraz bardziej szczegółowe podziały i coraz precyzyjniejszą lokalizację granic takich subregionów. Szereg prac wymaga lokalizowania granic jednostek fizycznogeograficznych na poziomie jednostek podstawowych. Nie da się tego zrobić bez wykorzystania nowoczesnych narzędzi GIS z zastosowaniem NMT i analizy budowy strukturalnej. Współczesne prace fizjograficzne wymagają precyzyjnej granicy jednostek na coraz niższym szczeblu podziału.

Wyznaczanie jednostek fizycznogeograficznych oraz geomorfologiczno-strukturalnych jest wstępem do geograficznej analizy przestrzeni prawie dla każdego opracowania przyrodniczego. Najczęściej proponuje się ujęcie fizycznogeograficzne¹ (wg Kondrackiego 2009, Kondrackiego, Richlinga 2000), przy którym powinno się uwzględnić wyeksponowanie trzech zasadniczych elementów kreujących typ krajobrazu: podłoże geologiczne, rzeźbę oraz sieć rzeczną. Szczególnie ważne jest wzięcie pod uwagę związku między budową geologiczną (typ skał, tektonika, stratygrafia) a urzeźbieniem terenu. Związek ten stanowi jak gdyby pierwotną ośnowę, na której konstruujemy i rozwijamy coraz bardziej szczegółowe podziały na jednostki geomorfologiczno-strukturalne i fizycznogeograficzne. Ta ośnowa, rusztowanie, w miarę upływu czasu była rozbudowywana i modyfikowana pod wpływem procesów rzeźbotwórczych, które zaznaczyły się coraz to nowszymi epizodami w historii większych jednostek. Tak budując podział na coraz drobniejsze jednostki, ogarniamy coraz drobniejsze epizody w rozwoju rzeźby powierzchni terenu.

Problemy związane ze współczesną zmianą dokładności wyznaczania granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych oraz fizycznogeograficznych zostały przeanalizowane na przykładzie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Na tym obszarze współistnienie dwu najczęściej cytowanych podziałów jest bardzo złożone i trudne w interpretacji.

Te równoprawne podziały to:

1) **jednostki fizycznogeograficzne** (wg Kondrackiego, Richlinga 2000) – podział stosunkowo dokładny na poziomie krainy i prowincji; składa się z następującej liczby jednostek na terenie Polski: *prowincje* (6), *podprowincje* (17), *makroregiony* (60), *mezoregiony* (320); na poziomie regionalnym (*regiony*) granice są wyznaczone (zaprezentowane) z małą dokładnością (ryc. 1);

2) **jednostki geomorfologiczne** (wg Gilewskiej 1972) – podział lokalny, stosunkowo dokładny na poziomie regionalnym; składa się z szeregu różnych jednostek np. dla *podprowincji* Wyżyny Śląsko-Krakowskiej: *makroregiony* (2), *mezoregiony* (4), *regiony* (22), *subregiony* (46) (ryc. 2).

W przypadku szczegółowego wyznaczania granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych oraz fizycznogeograficznych proponuje się wykorzystywać rzeźbę terenu prezentowaną na NMT (Numerycznych Modelach Terenu). Metody badań jednostek geomorfologiczno-strukturalnych oparte na NMT, z wykorzystaniem metod GIS, w tym wizualizacji przestrzennej, dają nowe możliwości wielokryteriowej oceny jednostek przestrzennych. Na podstawie takiej analizy można dokonywać uszczegółowienia, doprecyzowania, a nawet wyróżniania nowych podziałów przestrzennych. Metody modelowania i wizualizacji za pomocą oprogramowania komputerowego pozwalają na poszukiwania linii strukturalnych, zmian nachylenia terenu, linii brzegowych oraz innych zmian w obrębie rzeźby terenu. Określenie granic poszczególnych jednostek geomorfologiczno-strukturalnych i fizycznogeograficznych jest bardziej precyzyjne, zwłaszcza w szczegółowych podziałach.

Obecnie coraz więcej danych do budowy NMT jest generowanych na podstawie źródeł, które nie zawsze są wiarygodne dla badań rzeźby terenu (Nita, Małolepszy 2004, Gotlib i in. 2006, Nita i in. 2007). Dlatego po analizie dostępnych informacji proponuje się dla obszaru Polski następujące dane dla generowania modeli rzeźby terenu:

- Dane SRTM 1, 3, międzynarodowej misji promu kosmicznego Endeavour (*przydatne do wyznaczania granic na poziomie: prowincje, podprowincje, makroregiony*).
- Dane DTED poziomu 2, (*przydatne do wyznaczania granic na poziomie: prowincje, podprowincje, makroregiony, mezoregiony*).
- Modele powstające w ramach projektu LPIS (ang. Land Parcel Information Systems, pol. Systemy Identyfikacji Działek Rolnych), z wykorzystaniem archiwalnych zdjęć lotniczych w skali 1:26 000 (*przydatne do wyznaczania granic na poziomie: mezoregiony, regiony, subregiony*).
- Dane do modeli wysokościowych, które powstają w ramach opracowania baz TBD (Baza Danych Topograficznych) (*przydatne do wyznaczania granic na poziomie: mezoregiony, regiony, subregiony*).
- Modele wysokościowe oparte na danych cyfrowych VMap (Vector Smart Map), np. dane bazowe VMap L2, opracowane przez Służbę Topograficzną WP i GUGiK (*przydatne do wyznaczania granic na poziomie: mezoregiony, regiony, subregiony*).

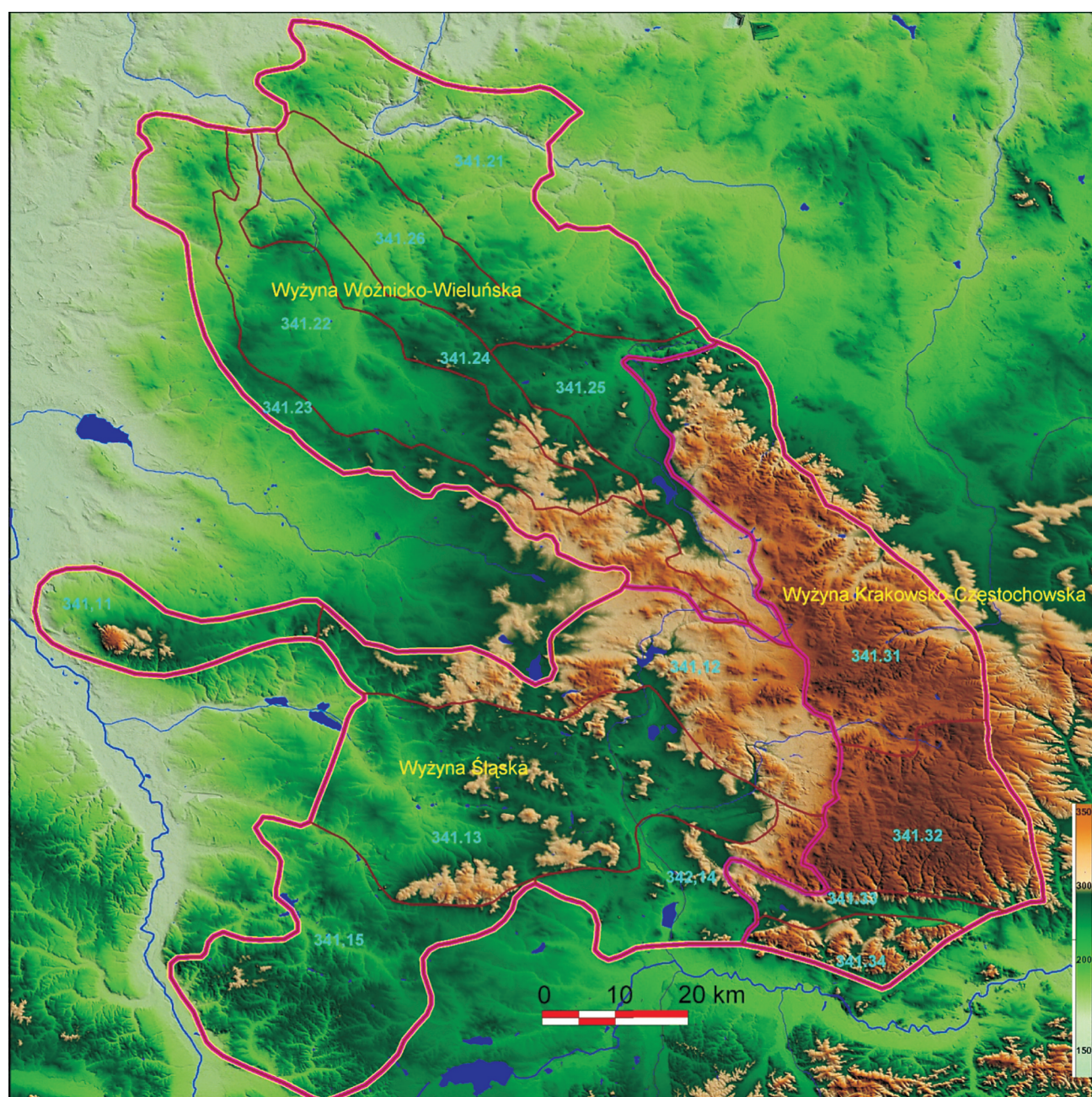
¹ Fizjografia [od gr. *phýsis* natura, *grapho* piszę], w geografii fizycznej określenie zbioru informacji ogólnoprzyrodniczych o danym obszarze.

Wykorzystanie modelu interferometrycznego SRTM do budowy NMT jest mało przydatne dla wyznaczenia przebiegu jednostek strukturalnych. Model SRTM charakteryzuje się bardzo dużymi błędami wysokościowymi nie tylko na obszarach leśnych, lecz także na terenach silnie zurbanizowanych oraz na obszarach zbiorników wodnych. Dostępne dane dla modelu SRTM wskazują, że jest to numeryczny model pokrycia terenu, nie zaś rzeźby terenu i dlatego nie nadaje się do szczegółowej analizy jednostek strukturalnych.

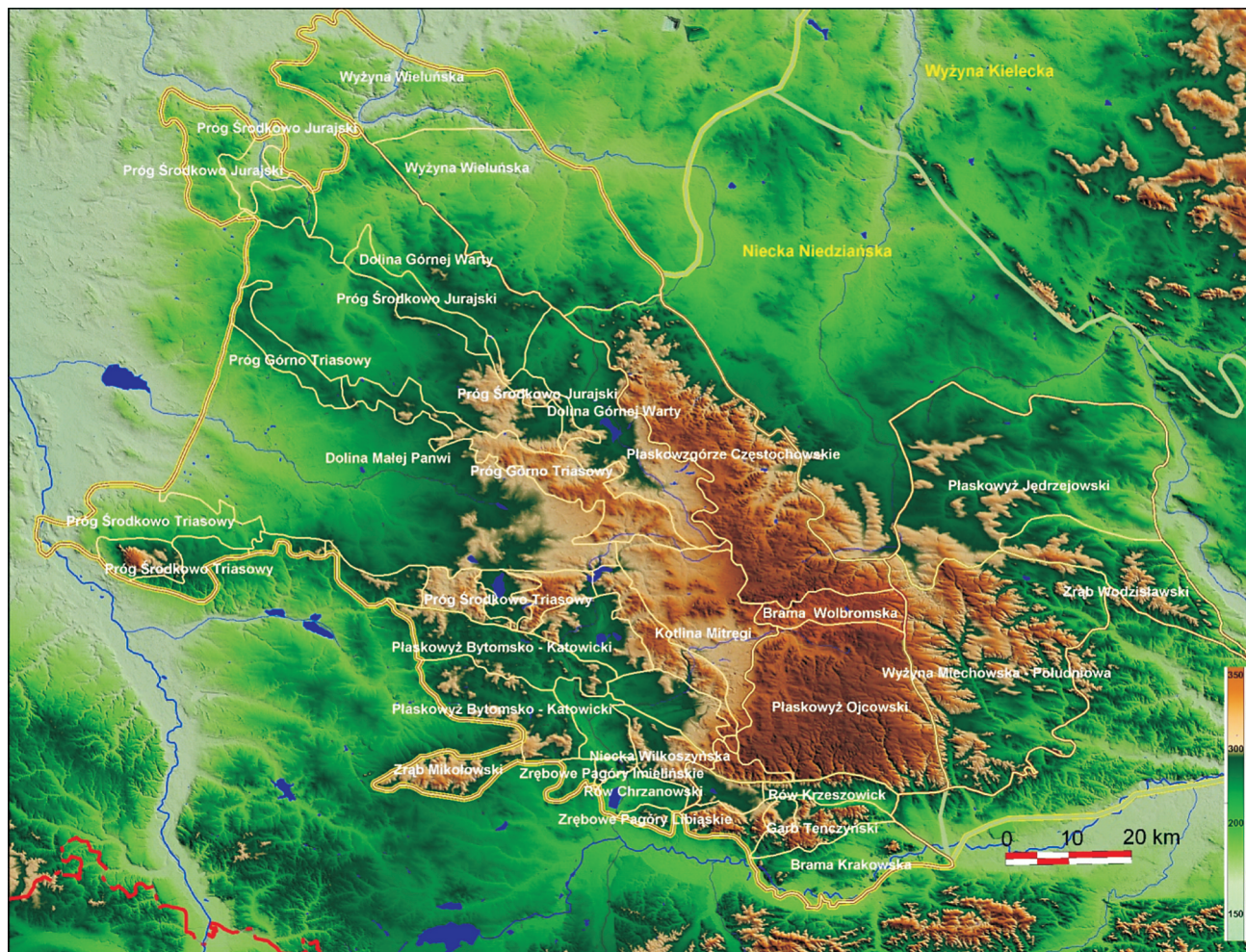
Dla opracowania jednostek na poziomie regionalnym i lokalnym są wymagane dokładne dane dotyczące rzeźby (DTM), a nie pokrycia (DEM) tere-

nu. Dlatego pozostaje nam do dyspozycji postać NMT pozyskanego z ortofotomapy w skali 1:26 000. Jednak dane te w wielu miejscach należy uzupełnić o informacje dotyczące obszarów o jednolitym spadku. Dopiero tak przygotowane dane wysokościowe można wykorzystać w szczegółowej analizie rzeźby terenu i w analizach przestrzennych z zastosowaniem NMT (DTM) (Dikau 1989, Irvin i in. 1997, Chybiorz, Nita 1999, Pike 2000, Nita 2002, Sahry i in. 2002, Li i in. 2005, Nita i in. 2007, Wojewoda 2007).

Czasem w opracowaniu jednostek strukturalnych (np. obszary leśne) wykorzystanie modelu sprawia, że wymagane są dokładne informacje dotyczące tylko rzeźby NMR (Numeryczny Model Rzeźby), a nie



Ryc. 1. Jednostki fizycznogeograficzne na obszarze Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (wg Kondrackiego, Richlinga 2000)
Fig. 1. Physicogeographical unit limits in Silesia and Krakow Highland (after Kondracki, Richling 2000)



Ryc. 2. Jednostki geomorfologiczne na obszarze Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (wg Gilewskiej 1972, 1991)

Fig. 2. Geomorphologico-structural unit limits in Silesia and Krakow Highland (after Gilewska 1972, 1991)

pokrycia terenu NMP (Numeryczny Model Pokrycia). W takim przypadku pozostaje nam do dyspozycji jedynie rysunek warstwicowy, pozyskany z map, linie szkieletowe, linie nieciągłości (skarpy, urwiska), zbiorniki wodne. Dopiero taki model NMT, uzupełniony danymi wysokościowymi, może posłużyć do szczegółowej analizy rzeźby terenu i analiz przestrzennych (Sambridge i in. 1995, Schmidt, Hewitt 2004, Nita, Myga-Piatek 2005).

Dla przetestowania problematyki wyznaczania granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych i fizycznogeograficznych wykorzystano i połączono ze sobą dostępne materiały kartograficzne (mapy topograficzne: 1:10 000, 1:50 000; mapy geologiczne: 1:200 000 i SmgP 1:50 000) oraz obrazy satelitarne LandSat 7 i ortofotomapę dla Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Dane te wizualizowano na NMT, używając metod reliefu cieniowanego przez nadanie wirtual-

Tabela 1. Porównanie jednostki Wyżyny Śląsko-Krakowskiej według Gilewskiej oraz Kondrackiego i Richlinga, prezentowane tradycyjną metodą kartograficzną oraz metodą wykorzystującą NMT

Table 1. Comparison of Silesia and Krakow Highland unit after Gilewska and Kondracki and Richling, presented traditional cartographical method and DTM method

TAB-1	Powierzchnia [km ²]		Różnica	Obwód [km]		Różnica
Podział wg	Mapa ¹	NMT ²	%	Mapa ¹	NMT ²	%
Gilewskiej	9521,0	10200	7,15%	671,0	828	23,4%
Kondrackiego i Richlinga	9287,0	10150	9,3%	715,0	871	14,9%
Różnica [%]	2,46%	0,49%		6,15%	4,94%	

¹ granice jednostki wprowadzone i pomierzone na mapie topograficznej w skali 1:50 000 na podstawie szkicu lub opracowania kartograficznego autorów

² granice jednostki wprowadzone i pomierzone na NMT (Numerycznym Modelu Terenu) wygenerowanym na podstawie danych DTED poziomu 2, w oparciu o szkic lub opracowanie kartograficzne autorów, zweryfikowane na podstawie rzeźby terenu

nego oświetlenia z kierunku NW. Podobne analizy przeprowadzono dla wizualizacji powierzchniowej budowy geologicznej (Nita, Małolepszy 2004). Na tak przygotowane wizualizacje nakładano wektorowy obraz jednostek fizycznogeograficznych według Kondrackiego i Richlinga (2000) i geomorfologicznych według Gilewskiej (1972). Uzyskiwane wyniki często bez wprowadzania korekty granic, związanej z różnymi rodzajami odwzorowania map, z reguły nie były zadowalające lub są mało wiarygodne (ryc. 1, 2).

Dla zobrazowania przeprowadzonej analizy wizualizacyjnej wybrano porównywalną jednostkę w randze *podprowincji* wydzieloną przez Gilewską (1972, 1991) jako jednostka geomorfologiczna oraz Kondrackiego i Richlinga (2000) jako jednostka fizycznogeograficzna, której autorzy nadali identyczną nazwę.

Porównanie granic i obszaru podprowincji Wyżyny Śląsko-Krakowskiej według Gilewskiej i Kondrackiego oraz Richlinga została zaprezentowana w tabeli 1. Jednostka ta wydzielona z przyjęciem przez autorów nieco odmiennych kryteriów wykazuje dużą zbieżność powierzchni (różnica o ok. 2,5%), która po weryfikacji na NMT staje się jeszcze mniejsza (ok. 0,5%). Błąd po weryfikacji jest w granicach błędu statystycznego, co sprawia, że wydzielona jednostka geomorfologiczna jest identyczna z jednostką fizycznogeograficzną. Występuje tutaj również duża zbieżność w długości granic (różnica ok. 6%, po weryfikacji ok. 5%), co przy różnych kształtach jednostki oraz odmiennym podejściu autorów do jej wydzielenia jest zaskakujące. Rozbieżność parametrów jednostki jest znaczna; przy zmianie metod ich wizualizowania oraz w odniesieniu do szczegółowej rzeźby terenu na NMT dla powierzchni jest to około 7–9%, a dla obwodu około 15–23%. Różnice przy porównaniu jednostki obliczonej tą samą metodą są niewielkie, ulegają one jednak zwielokrotnieniu w przypadku porównania metod wizualizowania oraz uszczegółowienia granic na NMT. Dowodzi to faktu, że nie można porównywać jednostek opracowanych różnymi metodami i przy opracowywaniu *subregionów* reinterpretacji powinien ulec cały podział.

Należy jednak zdawać sobie sprawę, że problem modelowania wielowymiarowej przestrzeni, nawet przy obecnym stanie rozwoju technik przetwarzania komputerowego z wykorzystaniem zaawansowanych metod matematycznych, jest bardzo pracochłonny i trudny. W pracach kartograficznych przy porównywaniu modelu powierzchniowego z modelem budowy strukturalnej badanego obszaru dominujące znaczenie mają informacje topograficzne. Informacje te oraz konfrontacja budowy strukturalnej z NMT są podstawą do wyznaczania granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych oraz ich wizualizacji na mapach tematycznych.

Uwagi końcowe

Przebieg granic jednostek geomorfologiczno-strukturalnych i fizycznogeograficznych zapewne długo jeszcze będzie wzbudzać zainteresowanie badaczy. Przybywa szczegółowych danych, obserwacje i badania stają się bardziej specjalistyczne, zmieniają się poglądy, pojawiają się informacje i metody GIS pozwalające na coraz bardziej precyzyjne wyznaczenie granic nawet małych jednostek *subregionalnych*. Problem niezbyt dokładnego przebiegu granic jednostek na poziomie *subregionu* i *regionu* dotyczy wielu obszarów Polski i będzie ulegał doprecyzowaniu. Powszechne wykorzystanie wizualizacji przestrzennej 3D do badań umożliwia precyzyjne zobrazowanie wydzielanej jednostki na tle obiektów strukturalnych z różnych perspektyw.

Pozwala to na prześledzenie zmian rzeźby terenu z zastosowaniem różnorodnych metod badawczych, np. statystycznych. Można porównywać jednostki geomorfologiczne oraz fizycznogeograficzne, jednak należy poddać reinterpretacji cały podział pod kątem współczesnych warunków technicznych jakie daje system GIS.

Literatura

- Chybiorz R., Nita J., 1999. Model przestrzenny wybranych elementów środowiska przyrodniczego na podstawie map numerycznych i interpretacji zdjęć lotniczych. *Przegl. Geol.* 47: 231–232.
- Dikau R., 1989. The application of a digital relief model to land form analysis in geomorphology. W: J. Raper (red.), *Three Dimensional Application in Geographic Information Systems*. Taylor & Francis, London: 51–77.
- Gilewskiej S., 1972. Wyżyny Śląsko-Małopolskie, W: *Geomorfologia Polski*. T. 1. PWN, Warszawa.
- Gilewska S., 1991. Rzeźba. W: L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. PWN. Warszawa: 248–296.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2006. *Budowa krajowej infrastruktury danych przestrzennych w Polsce – harmonizacja baz danych referencyjnych*. Akademia Rolnicza, Wrocław: 1–125.
- Irvin B.J., Ventura S.J., Slater B.K., 1997. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant Valley, Wisconsin. *Geoderma* 77: 137–154.
- Kondracki J., 2009. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Kondracki J., Richling A., 2000. Mapa „Regiony Fizycznogeograficzne”. W: *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.

- Li Z., Zhu Q., Gold C., 2005. *Digital Terrain Modeling. Principles and Methodology*. CRC Press. London.
- Nita J., 2002. Wykorzystanie modeli numerycznych powierzchni terenu i zdjęć lotniczych w ocenie form morfologicznych dla potrzeb waloryzacji krajobrazu. *Arch. Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* 12a: 275–281.
- Nita J., Małolepszy Z., 2004. Metody usprawnienia wizualizacji i interpretacji powierzchniowej budowy geologicznej. *Tech. Poszuk. Geol.*, 227: 39–44.
- Nita J., Myga-Piątek U., 2005. Przykład zastosowania technik komputerowych do waloryzacji i ochrony krajobrazów Wyżyny Częstochowskiej. *Przegl. Geogr.* 77: 325–341.
- Nita J., Małolepszy Z., Chybiorz R., 2007. Zastosowanie numerycznego modelu terenu do wizualizacji rzeźby terenu i interpretacji budowy geologicznej. *Przegl. Geol.* 55, 6: 511–520.
- Pike R.J., 2000. Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography* 24, 1: 1–20.
- Sambridge M., Braun J., McQueen H., 1995. Geophysical parametrization and interpolation of irregular data using natural neighbours. *Geophys. J. Int.* 122, 3: 837–857.
- Schmidt J., Hewitt A., 2004. Fuzzy land element classification from DTMs on geometry and terrain position. *Geoderma* 121: 243–256.
- Sahry P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V., 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma* 107: 1–32.
- Wojewoda J., 2007. Anomalie kształtu górnego odcinka doliny Ścinawy, Sudety. *Czas. Geogr.* 78, 1–2: 83–104.