

O prawdziwości tez artykułu Ryszarda Pażusa na temat geoidy

Mieszanie w układach

Często mówi się o możliwości utworzenia tzw. geoidy centymetrowej. Ale bez dobrej wysokościowej osnowy podstawowej i odpowiednio zaktualizowanych wysokości niwelacyjnych wybranych sieci satelitarnych kalibrujących geoidę (quasi-geoidę) nie osiągniemy jakościowo lepszej geoidy.

Roman Kadaj

Odnosząc się do artykułu „Poprawki i pogorszki” [GEODETA s. 29], zacznijmy od przeprowadzenia prostego testu. Z użyciem modelu geoidy GUGIK’2001, autoryzowanego m.in. przez dr. Ryszarda Pażusa, wyznaczmy undulacje (odstępy od elipsoidy, anomalie wysokości w ścisłym pojęciu quasi-geoidy) dla stacji referencyjnych sieci ASG-EUPOS. Następnie porównajmy te undulacje modelowe z empirycznymi wyznaczonymi jako różnice wysokości elipsoidalnych i wysokości niwelacyjnych (normalnych), gdzie dane źródłowe dla wszystkich stacji są dostępne na stronie ASG-EUPOS. Zobaczymy, że różnice pomiędzy undulacjami modelowymi (GUGIK’2001) a empirycznymi osiągają wartości do prawie 10 cm. Przykładowo: 9,7 cm dla stacji WLDW, 8,9 cm dla stacji BPDŁ, 7,9 cm dla stacji BRŠK, 7,9 cm dla stacji HAJN. Średniokwadratowa wartość odchylenia ze wszystkich 102 stacji wynosi ok. 4 cm. Skąd ten niezbyt pozytywny efekt zastosowania modelu GUGIK’2001? Otóż mu-

szą przyznać, że tak prezentowany rezultat byłby pewną manipulacją polegającą na nieuprawnionym „mieszaniu” różnych układów odniesienia. Podobną manipulacją (wierzę, że nieświadomą) jest przykład podany w treści omawianego artykułu. Wyjaśnijmy ten problem dokładnie.

• Uwaga na położenie elipsoidy

Otóż model GUGIK’2001 został utworzony poprzez wpasowanie geoidy grawimetrycznej prof. Adama Łyszkowicza (wypadałoby to też zauważyć) w zbiór empirycznych undulacji:

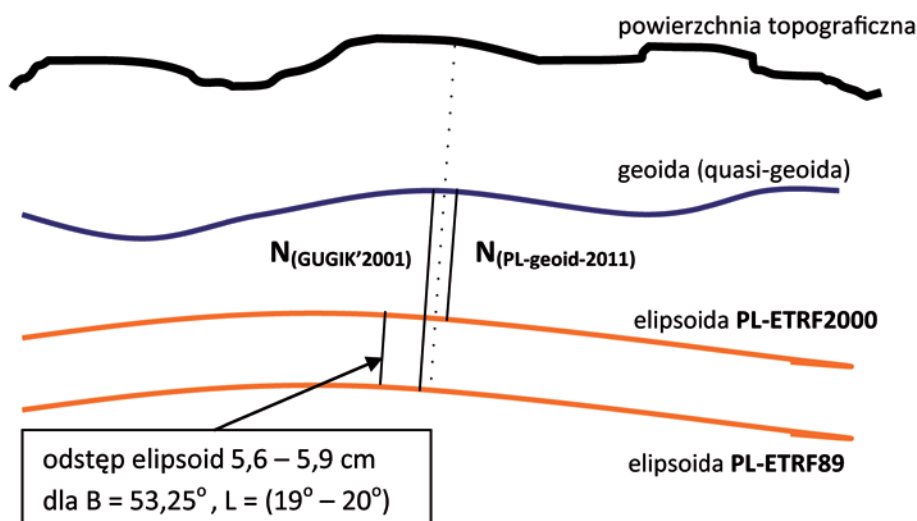
$$N = h_{(ETRF'89)} - H_{(Kronstadt'86)} \quad (1)$$

wziętych dla ówczesnych sieci satelitarno-niwelacyjnych: EUREF-POL, POLREF, EUVN (zastosowano tu wielomiany aproksymacyjne jako funkcje „sklejane” z dopuszczeniem pewnej nieciągłości na stykach sąsiednich obszarów). A zgodnie z przyjętym w ASG-EUPOS układem odniesienia PL-ETRF2000 undulacje empiryczne na stacjach są zdefiniowane jako:

$$N = h_{(PL-ETRF2000)} - H_{(PL-KRON86-NH)} \quad (2).$$

Wprawdzie między układem PL-KRON86-NH a Kronstadt’86 nie ma praktycznie różnicy (z wyjątkiem wprowadzonych niedawno pewnych lokalnych korekt wysokości), ale istotna różnica (zmienna w obszarze Polski w zakresie od kilku do kilkunastu cm) występuje w wysokościach elipsoidalnych (h) układów: PL-ETRF2000, ETRF’89 (obecnie PL-ETRF89). Delikatnie mówiąc, stosowanie modelu GUGIK’2001 do bezpośredniego przeliczania wysokości elipsoidalnych układu PL-ETRF2000 na wysokości normalne, a więc na przykład w serwisie RTK (NAWGeo/ASG-EUPOS), nie byłoby zgodne z ogólnymi zasadami geodezji ze względu na istnienie możliwościgo przecież do wyeliminowania błędów o charakterze systematycznym. W tym celu należałoby wprowadzić dodatkową transformację undulacji modelowych GUGIK’2001 z postaci odpowiadającej definicji (1) na postać (2), czego autorzy tego modelu nie zrobili. Alternatywnym podejściem byłoby ponowne wpasowanie geoidy grawimetrycznej (A. Łyszkowicza) w zbiór punktów satelitarno-niwelacyjnych, pod warunkiem że wysokości elipsoidalne wszystkich punktów (dla undulacji empirycznych) byłyby wyrażone teraz w układzie PL-ETRF2000, a nie w PL-ETRF89.

W związku z powyższym nieuprawnione są interpretacje w przykładzie zamieszczonym w omawianym artykule. Trzeba wyraźnie zaakcentować, że różnice między PL-geoid-2011 a EGM2008 lub GUGIK’2001 oprócz błędów losowych rzędu 1-2 cm zawierają w sobie odstęp między lokalizacjami elipsoid dwóch układów: PL-ETRF89 i PL-ETRF2000. Dla przykładowego trawersu równoleżnikowego (szerokość B = 53,25°, długość L 19° – 20°) odstęp elipsoid zmienia się od 5,5 do 5,9 cm (patrz rys. obok), co można sprawdzić choćby programem TRANS-POL v. 2.06. O te wartości należałoby pomniejszyć podane w tabeli artykułu dr. Pażusa odchyłki, by sprowadzić wielkości porównywane do tego samego układu odniesienia i wtedy dokonywać wiarygodnych porównań i interpretacji. Niestety, podane w omawianym artykule oceny i wnioski (w tym o dokładności modelu PL-geoid-2011) mają cechy dezinformacji. Dlatego, dla dobra sprawy, arty-



Wzajemne położenie elipsoid w układach odniesienia PL-ETRF89 i PL-ETRF2000 i relacja między undulacjami modeli geoid w obszarze trawersu B = 53,25°, L = (19° – 20°)

kuł w tej postaci (zawierający nieprawdziwe tezy) nie powinien być opublikowany.

•EGM2008 a polskie osnowy

Podobna kwestia dotyczy modelu globalnego quasigeoidy EGM2008 w odniesieniu do polskich układów wysokościowych i układu geometrycznego PL-ETRF2000. Dla stacji ASG-EUPOS maksymalne odchylenie undulacji modelu EGM2008 od wartości empirycznych wynosi 8,5 cm (USDL), średniokwadratowo zaś ok. 3 cm. Jest oczywiste, że dla praktycznego zastosowania w Polsce model EGM2008 należało wpasować w krajowe osnowy satelitarno-niwelacyjne i wynikający stąd zbiór undulacji empirycznych. Takiego wpasowania (kalibracji) modelu EGM2008 dokonano właśnie przy tworzeniu modelu quasigeoidy PL-geoid-2011. W tym celu zastosowano transformację 3D uzupełnioną dodatkowo o korekty posttransformacyjne (w analogii do płaskich korekt Hausbrandta). Niestety, tego rodzaju korekty nie są optymalne, o czym wspominałem już w jednej z cytowanych przez R. Pażusa publikacji. Ścisłej biorąc, chodzi tu o dystrybucję już samych odchyłek transformacji 3D na punkty transformowane. Zastosowana w korekcie waga w postaci odwrotności kwadratu odległości punktów (transformowanego i odniesienia) silnie „działa” na bliskie otoczenie punktu odniesienia. Lepiej byłoby przyjąć „słabsze” relacje pomiędzy wagami, na przykład odwrotność odległości do potęgi $q < 1$. Jest to już jednak kwestia ewentualnej modyfikacji modelu. Trzeba podkreślić, że średniokwadratowa odchyłka transformacji 3D w kierunku pionowym wynosi 2,2 cm, co stanowi empiryczną miarę dokładności modelu PL-geoid-2011 (na to składa się także niespójność wewnętrzna osnów, w tym podstawowej osnowy wysokościowej i nawiązanych do niej wysokości niwelacyjnych sieci satelitarnych, o czym dyskutowano w innych, cytowanych w artykule publikacjach).

•Trzeba wiedzieć, co porównywać

Porównując modele geoid zdefiniowanych w różnych układach elipsoidalnych lub niwelacyjnych, wprowadzamy, być może nieświadomie, dezinformację. Niestety, w wielu krajowych publikacjach dokonywano takich porównań, nie zważając na odrębność układów odniesienia. Pewnym „nadużyciem” w omawianym artykule, epatowanym obrazem izololinii, jest więc porównanie nieskalibrowanego modelu EGM2008 ze skalibrowanym modelem PL-geoid-2011. To tak, jakbyśmy chcieli porównywać współrzędne punktu pochodzące z różnych układów odniesie-

nia albo utożsamiali wysokości niwelacyjne punktu pochodzące z dwóch różnych układów wysokościowych.

Dr Ryszard Pażus traktuje model EGM2008 jako adekwatny wprost do zastosowania, nie widząc potrzeby wpasowania go do naszych układów odniesienia, reprezentowanych przez krajowe osnowy. Niezależnie od tego, że modele GUGIK'2001 i EGM2008 nie są odpowiednio skalibrowane, nie jest uprawnione twierdzenie, że modele te dają generalnie podobne wartości undulacji (wybrany przykład nie może przesądzać o takiej zgodności), bo np. na stacjach ASG-EUPOS wykazują różnice w przedziale od -4 do 10 cm (ekstremalnie na stacji ZYWI). Jeśli istnieją lokalne podobieństwa, to mogą one wynikać ze związków układu PL-ETRF89 z pierwotnymi układami ITRF*** i modelem WGS-84, który przyjęli twórcy EGM2008. Wiadomo, że układ PL-ETRF89 nie pasuje istotnie do pierwotnej definicji układu europejskiego, ale szczegóły w tym względzie byłyby możliwe do pozyskania jedynie w CBK.

•Droga do centymetrowej geoidy

Często mówi się o możliwości utworzenia tzw. geoidy centymetrowej. Jest to zarówno kwestia optymalnej integracji danych fizycznych (grawimetrycznych), jak i (finalnie) kalibracji geoidy (quasi-geoidy) fizycznej do układu odniesienia reprezentowanego przez osnowy geodezyjne (satelitarno-niwelacyjne, nawiązane do podstawowej osnowy wysokościowej). O jakości skalibrowanej geoidy decyduje ostatecznie jakość samych osnów wysokościowych. Niestety, z tym jest ciągle pewien problem. Dane źródłowe (wysokości normalne) pochodzą z przedostatniej kampanii pomiarowej. Wyniki ostatniej kampanii pomiarowo-obliczeniowej wykazały pewną niespójność sieci i być może dlatego nie zostały zastosowane. Konkludując, można powiedzieć, że bez dobrej osnowy podstawowej i odpowiednio zaktualizowanych wysokości niwelacyjnych wybranych sieci satelitarnych kalibrujących geoidę (quasi-geoidę) nie osiągniemy jakościowo lepszej geoidy.

Prof. Roman Kadaj

Obliczenia do niniejszego tekstu wykonał dr inż. Tomasz Świętoń, korzystając z aplikacji komputerowej dostępnej na stronie: www.geoida.pl/sprzet_geodezyjny,produkt,126.html Program pozwala obliczyć undulacje dla różnych modeli geoid dla obszaru Polski. Implementację modelu PL-geoid-2011 zawiera program TRANSPOL v. 2.06 (autorzy: R. Kadaj i T. Świętoń) dostępny na stronie www.gugik.gov.pl

**Pobierz
na Geoforum.pl
niezbędniki
dla zawodowców**

