

Pomiar Korony Gór Polski na 100-lecie AGH

Szczyty do wykorzystania

Pracownicy i studenci Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska postanowili uczcić okrągły jubileusz Akademii Górniczo-Hutniczej pomiarem wysokości kilkudziesięciu gór w Polsce.

**Krystian Kozioł,
Jacek Kudrys,
Kamil Maciuk,
Bogdan Skorupa,
Stanisław Szombara**

Podczas jednego z zebrań Katedry Geodezji Zintegrowanej i Kartografii AGH zastanawialiśmy się, w jaki sposób uświetnić jubileusz 100-lecia uczelni przypadający w 2019 r. [więcej o jubileuszu w GEODECIE 12/2019 – red.]. Ponieważ wielu z nas uprawia turystykę górską, padła propozycja realizacji projektu związanego właśnie z górami. Początkowo planowaliśmy pomiar wybranych szczytów jednego pasma górskiego, ale po burzy mózgów zrodziła się szersza idea – pomiaru Korony Gór Polskich. Koncepcja KGP powstała w 1997 roku. Lista obejmuje 28 najwyższych szczytów głównych pasm górskich na terenie naszego kraju.

Już po pierwszym szybkim przejrzaniu dostępnych materiałów kartograficznych tra-

filiśmy na liczne nieścisłości związane z KGP. Dlatego w ramach projektu postanowiliśmy odpowiedzieć na następujące pytania: Który szczyt jest najwyższy w danym paśmie? Który punkt na szczycie jest wierzchołkiem? Czy wierzchołki uważane za najwyższe w danym paśmie są nimi rzeczywiście? Jaka jest wysokość szczytów należących do oficjalnie przyjętej KGP?

Wpływ na kształt tego projektu miała też wyprawa naukowa zorganizowana przez pracowników KGZiK AGH (i zakończona jeszcze przed wspomnianym zebraniem katedry), której celem było zweryfikowanie wysokości gór Howerla i Pop Iwan – jednych z najwyższych szczytów Ukrainy. W ramach tej wyprawy (zrealizowanej dzięki porozumieniu AGH z Przykarpackim Uniwersytetem Narodowym w Iwano-Frankowsku) udało się opracować metodykę pomiarów geodezyjnych szczytów górskich, którą później zastosowaliśmy.

• Z okazji stulecia

Do naszej propozycji pomiaru KGP z entuzjazmem odniosły się władze AGH. Rozpo-

częliśmy więc przygotowania polegające m.in. na: wypracowaniu metodyki z wykorzystaniem wcześniejszych doświadczeń, wyznaczeniu podstawowych celów, określeniu danych koniecznych do realizacji przedsięwzięcia, wyznaczeniu niezbędnego poziomu finansowania, zebraniu zespołu pomiarowego, wskazaniu instytucji zainteresowanych wynikami projektu i współpracą.

Tak narodził się projekt „Weryfikacja i pomiar najwyższych szczytów Korony Gór Polski”. Od początku, mając na uwadze celebrę 100-lecia AGH, duży nacisk położyliśmy na promocję przedsięwzięcia w mediach społecznościowych. Krótkie relacje z kolejnych wypraw pomiarowych zamieszczaliśmy na Facebooku i Instagramie. Publikowaliśmy na bieżąco zdjęcia, dzielił się ciekawostkami o mierzonych szczytach. Nasze wyprawy wzbudzały też duże zainteresowanie w terenie. Podczas wędrówek odpowiadaliśmy na liczne pytania turystów zainteresowanych pomiarami.

W celach marketingowych postanowiliśmy posługiwać

się skróconą nazwą projektu „Setka w koronie”. Jeszcze przed startem działań nawiązaliśmy współpracę z Klubem Zdobywców Korony Gór Polski oraz z Polskim Towarzystwem Turystyczno-Krajoznawczym. Po przedstawieniu pełnego opisu projektu i otrzymaniu finansowania od rektora AGH przystąpiliśmy do pracy.

• Plan to podstawa

Działania w ramach projektu podzieliliśmy na 5 segmentów:

- GIS-owy – zebranie niezbędnych danych przestrzennych i kartograficznych, wyznaczenie z wykorzystaniem analiz przestrzennych hipotetycznych najwyższej położonych punktów na szczycie, przygotowanie marszrut oraz szkiców połowych;

- pomiarowy – wykonanie pomiarów terenowych;

- obliczeniowy – wykonanie obliczeń końcowych i zestawienie wyników z innymi źródłami danych;

- mobilny – testowanie dwuczęstotliwościowych odbiorników mobilnych jako alternatywy dla pomiarów GNSS;

- medialny – propagowanie projektu w internecie, przy-



Na szczycie Rysów,
wrzesień 2019 r.

Fot. Sępka w Koronie



Fot. Krystian Kozioł

gotowanie StoryMaps w środowisku ArcGIS Online oraz geoportali.

Początkowo projekt miał być realizowany od maja do grudnia 2019 r. (i w takim czasie udało się wykonać wszystkie pomiary). Ostatecznie jednak termin zakończenia całego przedsięwzięcia został przesunięty na koniec br. Nie dysponowaliśmy zawnazsu ustalonym harmonogramem pracy. Terminy wyjazdów terenowych uzależnione były m.in. od dostępności sprzętu pomiarowego, okna pogodowego, wolnego czasu pracowników i studentów WGGiIŚ.

• Wybór szczytów

Podstawą do wyznaczenia najwyższych szczytów poszczególnych pasm górskich stał się dla nas podział Polski na regiony fizyczno-geograficzne opublikowany w 2018 r. w czasopiśmie „Geographia Polonica” przez grupę 26 badaczy z 14 uczelni i instytucji naukowych. Granice mezoregionów (poprowadzone z dokładnością odpowiadającą mapie w ska-

Pomiar Tarnicy w Bieszczadach,
czerwiec 2019 r.



Widok ze szczytu Starorobociańskiego Wierchu w Tatrach Zachodnich, wrzesień 2019 r.

li 1:50 000) ustalono z wykorzystaniem najnowszych danych, analiz GIS-owych, a także z uwzględnieniem podziałów regionalnych opracowanych w ostatnich latach w różnych ośrodkach akademickich. Oczywiście pojawiły się wątpliwości, który wierzchołek jest tym najwyższym. W związku z tym często mierzyliśmy więcej niż jeden. Miało to miejsce przede wszystkim w części sudeckiej projektu. Ostatecznie – mimo że w KGP oficjalnie jest 28 szczytów – nasz zespół pomiarowy zweryfikował wysokości 40 wierzchołków.

Najwyższy lub najwyższe punkty na szczycie góry wyznaczaliśmy na podstawie analiz NMT i danych z lotniczego skanowania laserowego pozyskanych w ramach projektu ISOK. Następnie

weryfikowaliśmy je w terenie podczas pomiaru. Uzyskane wyniki konfrontowaliśmy z wysokościami m.in. na obecnych i historycznych mapach topograficznych i turystycznych oraz w różnych geoportalach (np. geoportal.gov.pl, mapaturystyczna.pl, geoportal PTTK, OSM). Braliśmy też pod uwagę źródła pisane naukowe, popularnonaukowe, strony internetowe (np. Wikipedia), nie pomijając źródeł historycznych.

● Jak mierzyć?

Z reguły najwyższe punkty szczytów były dobrze widoczne, w przypadku wątpliwości sprawdzaliśmy je niwelatorem, kontrolując przewyższenia pomiędzy punktami. Następnie przystępowaliśmy do pomiaru GNSS odbiornikiem Leica GS16. Zaczynaliśmy od

technologii RTK z wykorzystaniem poprawek sieciowych ASG-EUPOS (3-krotny pomiar 30-sekundowy z ponowną inicjalizacją rozwiązania precyzyjnego). W przypadku braku rozwiązania fix RTK decydowaliśmy się na godzinny pomiar statyczny GNSS z 1-sekundowym interwałem.

Na wielu szczytach pomiar GNSS przeprowadzony był nie na najwyższym punkcie, ale w jego najbliższym otoczeniu. Było to spowodowane m.in. zalesieniem wierzchołków lub brakiem miejsca umożliwiającego stabilne ustawienie odbiornika satelitarnego. W takich przypadkach wysokość była przenoszona pomiarem niwelacyjnym.

Przyjęta metodyka pomiaru pozwalała uzyskać dokładności rzędu pojedynczych centymetrów, jednak

uznaliśmy, że dla finalnych wysokości wystarczający będzie decymetr. Zgodnie z rozporządzeniem *ws. standardów technicznych* (...) przyjęliśmy, że szczyty górskie należą do III grupy szczegółów terenowych z uwagi na brak trwałej stabilizacji ich najwyższych punktów. 10-centymetrowa dokładność okazała się w pełni wystarczająca (wysokości gór podawane są na ogół „do metra”) i pozwoliła w kilku przypadkach na rozstrzygnięcie, który z potencjalnych szczytów jest tym właściwym (np. najwyższym punktem Gór Świętokrzyskich okazał się wierzchołek Skała Agaty).

Pomiary statyczne opracowaliśmy z wykorzystaniem oprogramowania Leica Geo Office; następnie wysokości normalne określiliśmy za pomocą anomalii wysokości



horyzontu, dostępność poprawek RTK, zasięg GSM).

Charakterystyka wybranych pasm i szczytów miała ogromny wpływ na przebieg pomiarów. Dostosowując się do tych warunków, tworzyliśmy odpowiednie marszruty z wykorzystaniem systemów projektowania trasy. Część szczytów znajduje się na terenie parków narodowych, więc musieliśmy zdobyć odpowiednie pozwolenia. Nie było z tym jednak żadnych problemów, gdyż pomiary były nieinwazyjne, a poruszaliśmy się tylko wyznaczonymi szlakami.

Pieszne dotarcie do niektórych szczytów było dla zespołów pomiarowych nie lada wyzwaniem i wiązało się z dużym wysiłkiem fizycznym. Dodatkowo czynnikiem utrudniającym pracę w terenie była zmienna górska pogoda. Nie obyło się też bez „śmiesznych” przygód. Raz już na górze zorientowaliśmy się, że nie mamy naładowanych baterii, a zapasowe zo-

stały w samochodzie na dole. Problemy generowała również odległość od Krakowa, komplikując pod względem logistycznym np. wyprawy w rejon Sudetów.

• Najszersza dystrybucja

Wyniki pomiarów planujemy udostępnić w postaci warstwy informacyjnej (SHP i GML), którą będzie można pobrać z serwera i użytkować zgodnie z licencją. Jedynym wymogiem będzie powołanie się na odpowiednie publikacje. Ostateczne wysokości prześlemy także Polskiemu Towarzystwu Turystyczno-Krajoznawczemu w celu umieszczenia ich na nowych tabliczkach informacyjnych na pomierzonych szczytach.

Przyjęta metodyka pomiaru zapewnia odpowiedni poziom dokładności, aby uznać uzyskane wyniki za spełniające wymagania do zasilania bazy danych obiektów topograficznych i nie tylko. Niestety, w obecnym modelu danych georeferencyjnych

Fot. Leszek Zieliński

z modelu quasi-geoidy PL-geo-id-2011. W przypadku pomiarów RTK wysokości normalne wyznaczaliśmy bezpośrednio, bazując na wspomnianym modelu. Opublikowane wyniki są więc podane w państwowym układzie wysokości Kronsztad (PL-KRON86-NH).

• Ze sprzętem pod górę

Przez cały projekt przewinęło się blisko 60 studentów i pracowników AGH. W samych pomiarach uczestniczyło zaś około 20 osób; pojedynczy zespół pomiarowy liczył z reguły 5-7 osób. Pierwszy wyjazd odbył się 11 maja 2019 r. w Góry Świętokrzyskie. Jego celem było przetestowanie założonej metodyki pomiaru szczytu, sprawdzenie czynników mających wpływ na jakość pomiaru GNSS (tj. przysłonięcie

Fot. Kamil Maciuk



Pomiar Skały Agaty – najwyższego szczytu Gór Świętokrzyskich, grudzień 2019 r.



Fot. Michał Polinski / [iniciatypolinski.pl / setka-w-koronie/]

W drodze na Rudawiec przez leśną gęstwinę

nie ma miejsca na taką zbiorczą informację. W BDOT10k nie znajdziemy obiektu, który określa szczyt, łącząc trzy informacje: nazwę, wysokość oraz pasmo, do którego należy zgodnie z przyjętym podziałem na mezoregiony.

W rozporządzeniu z 17 listopada 2011 r. w sprawie BDOT10k (Załącznik 1: Opis baz danych obiektów topograficznych i ogólnogeograficznych oraz standardy techniczne tworzenia map) określono pochodzenie pomiaru wyso-

kościowego jako wartość pozyskaną z NMT, pomiaru bezpośredniego lub w inny sposób (np. fotogrametrycznie), nie ma jednak wydzielonej klasy obiektu odpowiadającej za szczyty górskie. Efektem jest brak powiązania nazwy i wy-

sokości szczytu. Wysokości z analizy NMT udostępniane przez GUGiK czy w serwisie inicjatywy KGP (kgp.info.pl) czasami różnią się od uzyskanych przez nas o kilka metrów (szczegóły w tabeli).

W przypadku historycznych wysokości nie są znane: metoda i wiarygodność pomiaru, czas jego wykonania, układ odniesienia czy model geoidy (quasi-geoidy). Według wstępnych badań właśnie te niewiadome wpłynęły na wysokość uzyskanych różnic, a także przyjęcie innego punktu za najwyższy. Jeżeli chodzi o górę Lubomir i różnicę ponad 8 m, to najprawdopodobniej historyczny pomiar dotyczył wierzchołka wieży triangulacyjnej znajdującej się na szczycie.

Więcej porównań wartości wysokości będzie można znaleźć m.in. w publikacjach naukowych, które są już w przygotowaniu. Do końca roku przewidujemy też uruchomienie strony internetowej projektu, gdzie zamieścimy szczegółowy opis przedsięwzięcia oraz linki m.in. do serwisu mapowego bazującego na usłudze ArcGIS Online, geoportali oraz danych.

**Dr hab. inż. Krystian Koziół,
dr hab. inż. Jacek Kudrys,
dr inż. Kamil Maciuk,
dr hab. inż. Bogdan Skorupa,
dr inż. Stanisław Szombara**
Akademia Górniczo-Hutnicza
w Krakowie

Najwyższe szczyty w poszczególnych pasmach górskich

Pasma górskie	Najwyższy szczyt	Wysokość pomierzona [m n.p.m.]	Wysokość w serwisie KGP [m n.p.m.]
Beskid Makowski	Lubomir	903,6	912
Beskid Mały	Czupel	930,7	934
Beskid Niski	Lackowa	997,9	997
Beskid Sądecki	Radziejowa	1262,1	1262
Beskid Śląski	Skrzyczne	1258,1	1257
Beskid Wyspowy	Mogiela	1171,0	1170
Beskid Żywiecko-Orawski	Babia Góra	1723,6	1725
Bieszczady Zachodnie	Tarnica	1346,1	1346
Gorce	Turbacz	1309,9	1310
Góry Bardzkie	Szeroka Góra	766,3	765
Góry Bystrzyckie	Jagodna Północna	984,5	985
Góry Izerskie	Wysoka Kopa	1127,6	1126
Góry Kaczawskie	Folwarczna	724,7	723
Góry Kamienne	Waligóra	934,3	936
Góry Opawskie	Biskupia Kopa	889,8	889
Góry Orlickie	Orlica	1084,5	1084
Góry Sanocko-Turczańskie	Jaworniki	909,2	908
Góry Sowie	Wielka Sowa	1015,7	1015
Góry Stołowe	Szczeliniec Wielki	921,7	919
Góry Świętokrzyskie	Skala Agaty	614,0	-
Góry Wałbrzyskie	Borowa	853,4	853
Góry Złote	Postawna	1115,5	1117
Krakonosze	Śnieżka	1603,2	1602
Masyw Ślęży	Ślęza	717,8	718
Masyw Śnieżnika	Śnieżnik	1423,0	1425
Pieniny	Wysoka	1049,3	1050
Rudawy Janowickie	Ostra Mała	944,8	935
Tatry Zachodnie	Starorobociański Wierch	2175,7	2176
Tatry Wysokie	Rysy	2499,0	2499

Literatura:

- Ruben Valbuena, et al: Accuracy and precision of GPS receivers under forest canopies in a mountainous environment, „Spanish Journal of Agricultural Research” 8.4 (2010): 1047-1057;
- Maciej Hajdukiewicz, Ihor Romanyshyn: An accuracy assessment of spot heights on Digital Elevation Model (DEM) derived from ALS survey: case study of tysica massif, 2017;
- Maciej Hajdukiewicz, Ihor Romanyshyn: The height survey of mount tysica in the context of verification of geodesical and cartographic studies, „Structure and Environment”;
- Małgorzata Buśko, Krystian Koziół, Jacek Kudrys, Kamil Maciuk: Determination of the normal height of Chornohora summits by a precise modern measurement techniques, 2020.