

**Wiesław KOSIŃSKI**

Katedra Geodezji i Fotogrametrii

Department of Geodesy and Photogrammetry

## **Próba zastosowania stacji pomiarowej Topcon do oceny treści wysokościowej wielkoskalowych map sytuacyjno-wysokościowych przeznaczonych dla inżynierii środowiska**

### **The test of using the Topcon total station to estimate contour lines in large scale maps for the needs of environmental engineering**

Treść wysokościowa mapy powinna być sprawdzana, a jej dokładność określana w sposób ogólnie przyjęty. Dotyczy to szczególnie map przeznaczonych dla prac projektowych w zakresie inżynierii środowiska, gdzie dokładność treści wysokościowej powinna być zgodna z założeniami mapy. Treść wysokościowa map sporządzanych na podstawie pomiarów terenowych może mieć zniekształcenia wynikające głównie z niewłaściwego wytypowania punktów do pomiaru wysokościowego – mających służyć do interpolacji warstwic. Innym źródłem błędów treści wysokościowej mogą być błędy przypadkowe pomiarów wysokościowych, szczególnie jeżeli pomiar wykonywany był za pomocą mniej dokładnych instrumentów – zwykłych teodolitów czy nawet tachimetrów typu Dahlta.

Natomiast mapy uzyskiwane na podstawie opracowań fotogrametrycznych mają zniekształcenia powstałe na skutek zarówno błędów przypadkowych, jak i systematycznych. Osobnym zagadnieniem są zniekształcenia treści wysokościowej map, które wynikają ze stosowania do opracowań warstwicowych automatycznych programów komputerowych, tworzących własne regularne siatki punktów wysokościowych, uśredniających dane pomiarowe i przedstawiające własne „wizje” treści wysokościowej terenu.

Jednocześnie należy pamiętać, że zmysły ludzkie mało precyzyjnie reagują na pionowe ukształtowanie terenu i „na oko” nie jest możliwa ocena treści wysokościowej mapy.

Proponuję, aby każda wielkoskalowa mapa sytuacyjno-wysokościowa miała

ocenę treści wysokościowej, podobnie jak w operatach pomiarowych zamieszczane są informacje o dokładności ciągów poligonowych i niwelacyjnych.

Sposób oceny dokładności treści wysokościowej map powinien być łatwy i prosty zarówno w trakcie wykonywania pomiarów kontrolnych, ich opracowywania, jak i przedstawiania uzyskanych wyników, a jednocześnie możliwie precyzyjnie oddający na tle mapy stan rzeczywisty terenu. Z dotychczas stosowanych sposobów określania dokładności treści wysokościowej map za odpowiadającą podanym wyżej wymaganiom uważam metodę przekrojów. Metoda ta polega na tym, że na wybranych w miarę prostoliniowych liniach wyznacza się w terenie wysokości punktów tak w stosunku do siebie rozmieszczonych, jak między sąsiednimi punktami, dzięki temu spadek terenu jest jednostajny. Opracowanie przekrojów można dokonywać w formie graficznej lub analitycznej. Jest to szczegółowo omówione w pracy studialnej (Wykorzystanie zdjęć lotniczych..., 1982) oraz w wielu innych nie wymienionych tu pozycjach literatury, a więc jest powszechnie znane.

Dotychczas pomiary takich przekrojów wykonywano niwelatorem i taśmą stalową. Niwelatorem wyznaczano wysokości wybranych punktów, taśmę stalową zaś wykorzystywano do określania położenia sytuacyjnego tych punktów. Dla łatwiejszego umieszczenia linii przekroju na mapie punkty początkowy i końcowy przekroju określano w stosunku do punktów sytuacyjnych lub punktów osnowy, znajdujących się w terenie i na mapie. Postępowanie takie, mimo całej

swojej prostoty, było w wielu przypadkach kłopotliwe z różnych względów. Pomiar taśmą długich odcinków o różnym nachyleniu jest uciążliwy i mało dokładny. Są trudności z utrzymaniem właściwego kierunku taśmy w terenie rolnym pokrytym roślinnością. Konieczne jest redukcowanie poszczególnych odcinków do poziomu i usuwanie błędów systematycznych pomiaru taśmą. Pomiar niwelacyjny ze względu na konieczność stosowania krótkich celowych (przy niwelacji geometrycznej zmusza do tego konfiguracja terenu) jest pracochłonny i wymaga zaangażowania kilkusobowej grupy pomiarowej. Nie jest przy tym wykorzystywana możliwość niwelacji geometrycznej w celu uzyskiwania dużych dokładności rzędnych punktów ze względu na generalizację warstwic na mapie, co jest konieczne z powodu szorstkości i chropowatości terenu.

Proponuję, aby pomiary przekrojów wykonywać w inny niż przedstawiony sposób, co pozwoli wyeliminować przedstawione niedogodności. Mianowicie proponuję, aby do pomiaru przekrojów zastosować stacje pomiarowe (total station), przy czym możliwe są dwa warianty postępowania:

1. Do pomiarów wysokościowych stosujemy niwelator – jak w tradycyjnym pomiarze, a stacji pomiarowej używamy jedynie do sytuacyjnego określenia położenia poszczególnych punktów;

2. Do określania wysokości, jak i położenia sytuacyjnego, używamy stacji pomiarowej.

W obydwu wariantach określenie sytuacji punktów wysokościowych odbywa się przy wyeliminowaniu pomiaru

stalową taśmą geodezyjną – jest to określenie położenia tzw. metodą biegunową, przy wykonywaniu pomiaru nowoczesnym teodolitem elektronicznym (pomiar kąta między kierunkiem stałym a kierunkiem na dany punkt wyznaczany i pomiar dalmierzem elektronicznym z dużą dokładnością odległości od punktu stałego do punktu wyznaczanego). Natomiast w wariacie drugim proponuję do określenia wysokości punktów zastosować niwelację trygonometryczną, również wykonywaną teodolitem elektronicznym.

Wariant pierwszy pozwala określić wysokości poszczególnych punktów przekroju, tak jak jest to możliwe dla niwelacji geometrycznej, a więc dokładniej niż w wariacie drugim, przy zastosowaniu niwelacji trygonometrycznej, natomiast w wariacie drugim wykonanie pomiaru jest znacznie szybsze, a tym samym bardziej ekonomiczne.

Określanie wysokości metodą niwelacji trygonometrycznej może być obarczone błędami systematycznymi i przypadkowymi, spowodowanymi wpływem warunków środowiska. Błędy systematyczne mogą powstać w wyniku występowania refrakcji pionowej o nieokreślonym w danym momencie wpływie na wielkość mierzonego kąta pionowego, różnej od wartości średniej, którą się zwykle przyjmuje. Na powstawanie błędów przypadkowych może mieć istotny wpływ występująca w okresie letnim wibracja powietrza, która okresowo wręcz uniemożliwia dokładne celowanie na punkt.

Zasadne więc było przeprowadzenie doświadczalnych prac terenowych, mających na celu uzyskanie danych o mo-

żliwych do uzyskania dokładnościach wysokości punktów na trasie przekroju, wyznaczonych za pomocą stacji pomiarowej, np. firmy Topcon.

Nowoczesne teodolity elektroniczne, zwane również stacjami pomiarowymi, umożliwiają jednoczesne uzyskiwanie odległości do wyznaczanego punktu oraz jego przewyższenie, czyli pionową odległość od poziomu lunety instrumentu. Stąd wysokość wyznaczanego punktu

$$H_p = H_c + \Delta h \quad (1)$$

gdzie:

$H_p$  – wysokość wyznaczanego punktu,

$H_c$  – wysokość osi celowej instrumentu

$\Delta h$  – przewyższenie (ze znakiem + lub –) uzyskiwane z pomiaru.

Przeprowadzono następujący pomiar doświadczalny: Na trasie długości 600 m wyznaczono punkty i utrwalono je palikami – jak do kontroli mapy warstwowej. Wysokości tych punktów wyznaczono niwelatorem samopoziomującym Zeissa Ni 020. Następnie wysokości tych punktów określono za pomocą stacji pomiarowej CTS2 Topcon ze stanowiska na początku trasy. Pomiary wykonano w ciepły letni dzień, przy czym słońce było za obserwatorem. Występowała wibracja powietrza. Celowano na pojedyncze lustro dalmiercze, bez dodatkowych elementów (tarcz celowniczych) wspomagających – ułatwiających celowanie. Pomiar przewyższenia wykonywano 2-krotnie. Przedstawione wyniki pomiaru są średnią z dwu obserwacji. Przy obliczaniu wysokości punktów na

podstawie obserwacji instrumentem Topcon wprowadzono poprawki na kulistość Ziemi i refrakcję pionową. Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli.

Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że rozbieżności w uzyskanych wynikach są w przeważającej liczbie dodatnie, to świadczyłoby o systematycznym błędzie ustawienia kompensatora. Dla odległości do 350 m rozbieżności te są na tyle niewielkie, że wyniki uzyskane instrumentem Topcon można uznać za całkowicie przydatne do założonego celu ich wykorzystania, nato-

miast dłuższe od 350 m odległości obarczone są większymi błędami 5–7–9 cm, co też nie może być uznane za dyskwalifikujące je. Przyjmując, że proponowany sposób pomiaru może być stosowany tylko do 350 m, to i tak z jednego stanowiska można wykonać pomiary kontrolne treści wysokościowej mapy dla obszaru o powierzchni 38 ha, tj. 0,25 obszaru arkusza mapy w skali 1 : 2000. Jednak należy przypuszczać, że w dniu mniej słonecznym dokładności w granicach 4 cm można będzie uzyskać dla odległości nawet powyżej 400 m.

TABELA 1. Wyniki pomiarów wysokości punktów za pomocą instrumentu Topkon i niwelatora  
TABLE 1. The results of experiments surveys

Nr obserwacji Nr of observation	Odległości do punktów [m] Distances to the points in meters	Wysokości $H$ punktów, uzyskane z pomiaru niwelatorem Heights $H$ of points, survey by leveller	Wysokości $H$ punktów, uzyskane z pomiaru stacją pomiarową Heights $H$ of points, survey by total station	Różnice wysokości uzyskanych niwelatorem i stacją pomiarową Heights differences obtain by leveller and total station
1	42	128,07	128,07	0,00
2	69	127,48	127,47	+0,01
3	76	127,72	127,70	+0,02
4	100	126,81	126,79	+0,02
5	125	127,13	127,13	0,00
6	171	127,64	127,65	-0,01
7	187	127,17	127,17	0,00
8	200	127,26	127,28	-0,02
9	217	126,99	126,97	+0,02
10	242	127,32	127,29	+0,03
11	288	128,97	128,95	+0,02
12	300	129,00	128,98	+0,02
13	315	129,56	129,55	+0,01
14	352	129,69	129,67	+0,02
15	380	129,40	129,34	+0,06
16	400	129,52	129,47	+0,05
17	419	130,12	130,12	0,00
18	487	129,91	129,84	+0,07
19	500	129,94	129,88	+0,06
20	526	130,14	130,05	+0,09
21	550	129,68	129,60	+0,08
22	600	129,87	129,72	+0,15

## Literatura

- BAKOWSKI Z. 1997: *Metody wykorzystania profilów w badaniach nad mikrorzeźbą terenu i jej odtwarzaniem*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Wykorzystanie zdjęć lotniczych i metod stereofotogrametrycznych dla potrzeb projektowania w zakresie wodnych melioracji*. Praca studialna nr 471, Warszawa 1982.
- WYSOCKI J. 1979: *Analiza dokładności opracowań warstwicowych do projektowania drenowania użytków rolnych*. Zesz. Nauk. SGGW, Melioracje Rolne 18, Warszawa.

## Summary

**The test of using the Topcon total station to estimate contour lines in large scale maps for the needs of environmental engineering.** It is possible to estimate the contour lines in large scale maps on making profiles. Up to the present this survey has been done to use the tape measure and the leveller. Now it can be done by one implement – total station. Table shows the results of surveys made by Topcon CTS-2. The results indicate that this way of survey can be put into practice.

**Author's address:**

W. Kosiński  
Warsaw Agricultural University – SGGW  
02-787 Warsaw ul. Nowoursynowska 166  
Poland