

Ocena wpływu błędów średnich punktów osnowy
na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego

Osnowy za mało dokładne

WŁADYSŁAW DĄBROWSKI, ADAM DOSKOCZ

Dokładność pomiarów sytuacyjnych wykonywanych tachimetrem elektronicznym uzależniona jest od dokładności czynności pomiarowych oraz od błędów średnich położenia punktów osnowy. Współczesne tachimetry elektroniczne realizują pomiary o wysokiej dokładności, co przy starannej identyfikacji pozwala na wyznaczenie położenia punktu sytuacyjnego z błędem średnim rzędu 3 cm. W pracy niniejszej przeanalizowano wpływ błędów średnich punktów osnowy na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego. Z przeprowadzonych analiz wynika, że wpływ czynnika związanego z błędnością punktów osnowy przesądza o dokładności pomiarów sytuacyjnych.

Punkty sytuacyjne umieszczone w bazie danych mapy numerycznej winny być scharakteryzowane błędem średnim położenia. Pozwoliłoby to na określenie przydatności informacji zgromadzonej w bazie danych. Generując z bazy graficzną prezentację mapy w określonej skali (1:M), należy pamiętać o zachowaniu zależności $0,3 \text{ mm} \times M \leq m_p$. Wówczas wygenerowana mapa będzie posiadała, właściwą dla danej skali graficzną dokładność. W metrykach map, wygenerowanych z baz danych, nie spełniających warunku graficznej dokładności, należy podawać ich rzeczywistą dokładność w postaci błędu średniego położenia punktów (m_p). Na błąd średni wyznaczenia położenia punktu tachimetrem elek-

tronicznym mają wpływ błędy czynności pomiarowych oraz błędy położenia punktów osnowy. W podręcznikach geodezji skupiono się dotychczas na wyznaczeniu błędu średniego m_p w funkcji błędów pomiarowych, zakładając bezbłądność punktów dowiązania.

Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu błędów średnich położenia punktów osnowy na dokładność wyznaczenia położenia szczegółów sytuacyjnych pomierzonych tachimetrem elektronicznym.

Dokładność wyznaczenia położenia punktu z pomiaru tachimetrem elektronicznym

W analizie założono sytuację, że na stanowisku S wykonano tachimetrem elektronicznym pomiar kąta α oraz odległości d . Współrzędne wyznaczanego punktu P określono z zależności:

$$\begin{aligned} X_p &= X_s + d \cdot \cos(A + \alpha) \\ Y_p &= Y_s + d \cdot \sin(A + \alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

przy czym

$$A = \arctg \frac{Y_N - Y_S}{X_N - X_S}$$

Oznaczenia:

X_S, Y_S – współrzędne stanowiska tachimetru,

X_N, Y_N – współrzędne punktu nawiązania,

A – azymut boku osnowy (stanowisko-nawiązanie),

d – pomierzona odległość do pikiety,

α – pomierzony kąt poziomy, pomiędzy bokiem osnowy a kierunkiem na pikietę.

Szukany błąd średni położenia wyznaczanego punktu wyraża zależność:

$$m_p^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (2)$$

gdzie:

m_x – błąd średni współrzędnej X punktu P,

m_y – błąd średni współrzędnej Y punktu P.

Zgodnie z prawem przenoszenia się błędów średnich Gaussa, traktując wielkości pomierzone i współrzędne punktów osnowy

jako zmienne niezależne, wyznaczono na podstawie zależności (1) i (2) błąd średni położenia pikiety (Jewsienia, 1997):

$$m_p^2 = m_x^2 + m_y^2 = \left(\frac{d^2}{2b^2} + 1 - \frac{d}{b} \cdot \cos \alpha\right) \cdot m_s^2 + \frac{d^2}{2b^2} \cdot m_N^2 + m_d^2 + d^2 \cdot m_\alpha^2 \quad (3)$$

gdzie:

b – długość boku osnowy,

m_s – błąd średni położenia punktu osnowy (stanowisko),

m_N – błąd średni położenia punktu osnowy (nawiazanie),

m_d – błąd średni pomiaru odległości,

m_α – błąd średni pomiaru kąta.

W trakcie przekształceń prowadzących do wzoru (3) założono równość składowych (X , Y) w błędach średnich położenia punktów osnowy:

$$m_{X_s} = m_{Y_s} = \frac{m_s}{\sqrt{2}}$$

$$m_{X_N} = m_{Y_N} = \frac{m_N}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Uzyskany wzór (3) uwzględnia, obok błędów czynności pomiarowych, także błędy średnie punktów dowiązania.

Współczesne tachimetry elektroniczne realizują dokładny pomiar kąta i odległości, co przy starannej identyfikacji szczegółu sytuacyjnego I grupy dokładnościowej pozwala na wyznaczenie jego położenia z błędem około 3 cm (Dąbrowski, 1998).

Wpływ błędów średnich osnowy na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego

Określenie wpływu błędów średnich punktów dowiązania na dokładność wyznaczenia punktu sytuacyjnego wykonano przy założeniu bezbłędności pomiaru kąta i odległości:

$$m_{P(os)} = \sqrt{\left(\frac{d^2}{2b^2} + 1 - \frac{d}{b} \cdot \cos \alpha\right) \cdot m_s^2 + \frac{d^2}{2b^2} \cdot m_N^2} \quad (5)$$

Analizę przeprowadzono dla trzech wariantów przyjmując do obliczeń wartości błędów średnich punktów osnowy: osnowy odtwarzalnej III klasy, osnowy szczegółowej III klasy oraz osnowy pomiarowej. W analizach założono równość błędów

średnich punktów dowiązania, stanowiska tachimetru i punktu nawiazania ($m_s = m_N$). Obliczenia wykonano przyjmując wartości: stosunku d/b pomierzonej odległości do długości boku osnowy (nawiazania) oraz pomierzonego kąta α odpowiadającego charakterystycznym wartościom funkcji cosinus. Wartości błędów wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego wynikającego z błędów średnich punktów osnowy obliczono wg zależności (5). Obliczenia przedstawiono w tabeli 1, wartości $m_{P(os)}$ wyrażono w metrach.

Wnioski

Analizy przeprowadzone w niniejszej pracy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków i uogólnień:

1. Dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego w pomiarach tachimetrem elektronicznym uzależniona jest od dokładności czynności pomiarowych oraz od błędów średnich położenia punktów osnowy.
2. Pomiary wykonywane współczesnymi tachimetrami charakteryzują się dużą dokładnością, pozwalają one (przy starannej identyfikacji) na wyznaczenie położenia szczegółu I grupy dokładnościowej z błędem średnim rzędu 3 cm.
3. Wpływ czynnika związanego z błędnością punktów osnowy przesądza o dokładności wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego. Błąd położenia pikiety zależy istotnie od stosunku d/b oraz w mniejszym stopniu od orientacji kierunku wyznaczającego pikietę względem boku nawiazania.
4. W wielu przypadkach pomiary sytuacyjne nawiazane do punktów osnowy geodezyjnej (wariant 2 i 3) nie spełniają wymogów dokładnościowych obowiązujących instrukcji technicznych (tabela 1).
5. Przy obecnie dostępnych, wysoko dokładnych technikach pomiarowych niezwłocznie należy zaostrzyć kryteria dokładnościowe poziomych osnów szczegółowych i pomiarowych.

Autorzy są pracownikami naukowymi Instytutu Geodezji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Literatura

Dąbrowski W., Dąbrowska D., Lewandowicz E., Nojak J., Wierciński T., *Sytuacyjna mapa numeryczna z pomiarów bezpośrednich – Pierwsze doświadczenia nauczania technologii*, V Konferencja Naukowo-Techniczna „Systemy Informacji Przestrzennej”, PTIP Warszawa 1995.

Dąbrowski W., Dąbrowska D., Lewandowicz E., Wierciński T., *Doświadczalne wyznaczenie dokładności mapy numerycznej z pomiarów bezpośrednich*, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Systemy Informacji Przestrzennej”, Tom I, PTIP Warszawa 1998.

Jewsienia K., Jewsienia T., *Dokładność mapy numerycznej z pomiarów bezpośrednich tachimetrem elektronicznym*, Praca magisterska, Biblioteka Główna Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 1997.

Lazzarini T., *Geodezja. Geodezyczna osnowa szczegółowa*, PPWK, Warszawa-Wrocław 1990.

Instrukcja techniczna G-1. Pozioma osnowa geodezyjna, GUGiK (1978), Warszawa.

Instrukcja techniczna G-4. Pomiary sytuacyjne i wysokościowe, GUGiK (1979), Warszawa.

Wariant	Wartość kąta α	Stosunek pomierzonej odległości do długości boku osnowy d/b										
		10	5	4	3	2	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
1	Osnowa odtwarzalna III klasy $m_s = m_N = 0,03$ m											
	0°	0,29	0,14	0,11	0,08	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	100°	0,30	0,15	0,12	0,09	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
	200°	0,32	0,17	0,14	0,11	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
2	Osnowa szczegółowa III klasy $m_s = m_N = 0,10$ m											
	0°	0,95	0,46	0,36	0,26	0,17	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
	100°	1,00	0,51	0,41	0,32	0,22	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10
	200°	1,05	0,56	0,46	0,36	0,26	0,17	0,16	0,14	0,12	0,11	0,11
3	Osnowa pomiarowa $m_s = m_N = 0,20$ m											
	0°	1,91	0,92	0,72	0,53	0,35	0,20	0,18	0,17	0,17	0,18	0,19
	100°	2,01	1,02	0,82	0,63	0,45	0,28	0,26	0,23	0,22	0,20	0,20
	200°	2,11	1,11	0,92	0,72	0,53	0,35	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21

Tabela 1. Analiza wpływu błędów średnich punktów osnowy na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego