

Uwagi i propozycje dotyczące pomiarowej osnowy sytuacyjnej w świetle standardów

Wyrównanie ścisłe i już!

W treści standardów nie są konsekwentnie przestrzegane zawarte w nich same jednoznaczne postanowienia dotyczące tego, że pomiarowa osnowa sytuacyjna jest siecią jednorzędową, obserwacje wyrównywane są w sposób ścisły, a miarą dokładności wyznaczenia punktów pomiarowej osnowy sytuacyjnej są średnie błędy położenia liczone przy założeniu bezbłędności punktów nawiazania.

Józef Beluch

Standardy techniczne [1], na które powołuję się w tytule, to opracowanie długo oczekiwanego i potrzebnego dla praktyki geodezyjnej. Niecierpliwosć spowodowana była przede wszystkim tym, że dotychczas obowiązujące standardy wydawane w formie instrukcji i wytycznych technicznych z przyczyn naturalnych nie uwzględniały postępu, jaki dokonał się w technice pomiarowej i obliczeniowej, opracowaniach graficznych, archiwizacji oraz dystrybucji geoinformacji. Mimo dostrzeganych przeze mnie wielu błędów wyrażam uznanie dla autorów opracowujących cytowane standardy za ich nowatorską redakcję i koncepcję przedstawiania problemów ujętych w przepisy prawne. Niezależnie od pozytywnej oceny chciałbym jednak przedstawić uwagi o charakterze dyskusyjnym, jakie nasunęły mi się przy czytaniu tekstu standardów [1]. Uwagi te, a także i moje propozycje zmian ograniczam do problematyki pomiarowej osnowy sytuacyjnej. W tym zakresie standardy zawierają jednoznaczne postanowienia:

- pomiarowa osnowa sytuacyjna jest siecią jednorzędową,
- obserwacje wyrównywane są w sposób ścisły,
- miarą dokładności wyznaczenia punktów pomiarowej osnowy sytuacyjnej są średnie błędy położenia liczone przy założeniu bezbłędności wyznaczenia punktów nawiazania.

Według mnie wyżej podane postanowienia nie są konsekwentnie przestrzegane w treści standardów. Dostrzegam to np. w § 33, ust. 3, pkt 4, gdzie podano, że stanowiskami instrumentu oraz punktami nawiazania w pomiarach sytuacyjnych metodą biegunową mogą być między innymi: „punkty terenowe, których położenie zostało określone z dokładnością, o której mowa w § 16, ust. 2, w nawiazaniu do co najmniej dwóch punktów poziomej osnowy geodezyjnej”. Co do wymaganej dokładności – zgoda, ale co do wymaganych warunków nawiazania – nie. Przestrzeganie tych warunków bardzo utrudniałoby stosowanie metody biegunowej, gdyż nasycenie terenu punktami poziomej osnowy geodezyjnej (zdefiniowanej w [2]) jest stosunkowo nieduże i może być nierównomierne, szczególnie wówczas, gdy pozioma osnowa geodezyjna zakładana jest w formie sieci poligonowej [2]. Uważam, że wystarczającym rozwiązaniem jest włączenie stanowisk instrumentu do struktury osnowy pomiarowej poprzez wyznaczenie ich z wykorzystaniem obserwacji nadliczbowych i potraktowanie, że jest to jedna z metod rozbudowy i zagęszczenia jednorzędowej osnowy pomiarowej. W dalszym postępowaniu wszystkie obserwacje tworzące sieć kątowno-liniową poziomej osnowy pomiarowej powinny być wy-

równywane – zgodnie z przyjętą zasadą – metodą ścisłą. W ten sposób konsekwentnie spełnione byłyby wymienione przeze mnie postanowienia zawarte w standardach.

Efektywność metody biegunowej w pomiarach sytuacyjnych znacząco wzrosła między innymi dzięki koncepcji wyboru stanowisk w miejscach najdogodniejszych do pomiaru (nazwanej w języku angielskim *free station*) przy założeniu powiązania obserwacjami tego stanowiska z przynajmniej dwoma punktami osnowy (i według mnie niekoniecznie musi to być osnowa geodezyjna).

W omawianych standardach technicznych w § 34 podano zasady i kryteria wykonywania pomiarów sytuacyjnych metodą ortogonalną, a m.in. w ust. 2 i 3 czytamy: „2. Linię pomiarową wyznaczają dwa dowolne punkty, z których każdy jest punktem:

- 1) poziomej osnowy geodezyjnej lub
 - 2) pomiarowej osnowy sytuacyjnej, lub
 - 3) wyznaczonym na bokach osnow, o których mowa w pkt 1 i 2.
3. Przy pomiarze szczegółów terenowych II i III grupy, w przypadku braku punktów, o których mowa w ust. 2, linia pomiarowa może być wyznaczona przez szczegóły terenowe I grupy”.

Natomiast w ust. 5, pkt 1 i w ust. 6 § 34 podano:

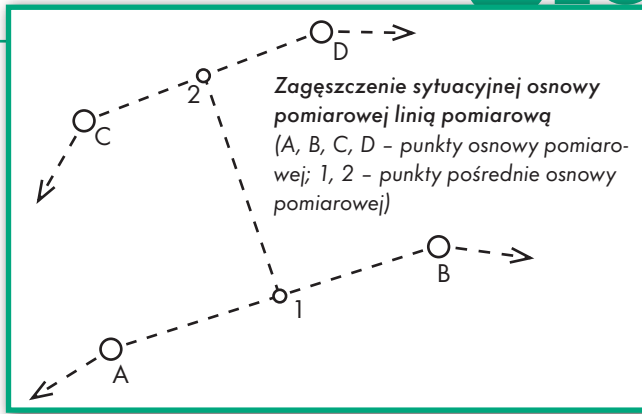
„5. Długość linii pomiarowej podlega weryfikacji, której dokonuje się w drodze:

- 1) porównania pomierzonej długości linii pomiarowej z długością wyznaczoną na podstawie współrzędnych punktów, o których mowa w ust. 2 i 3, wyznaczających przebieg tej linii, 2) dwukrotnego pomiaru (...).
6. Wyniki przeprowadzonej weryfikacji nie powinny przekraczać wielkości odchyłek liniowych, zwanych dalej «fL»”.

Wymienione wyżej postanowienia są sprzeczne z zasadniczymi ustaleniami zawartymi w standardach i odnoszącymi się do sytuacyjnej osnowy pomiarowej, gdyż:

- zakładane linie pomiarowe według wymienionych w ust. 2, pkt 2 i 3 zasad będą elementami osnowy pomiarowej drugiego rzędu,
- wynik ich pomiaru nie jest włączany do ścisłego wyrównania,
- wyznaczenie błędu położenia punktów oparcia, w przypadku gdy będą to punkty pośrednie, będzie utrudnione i co najwyżej przybliżone.

Z podanych powodów, a także w celu spełnienia zasadniczych założeń dotyczących sytuacyjnych osnow pomiarowych proponuję, aby wyniki pomiarów związanych z założeniem linii pomiarowych włączyć do ścisłego wyrównania jednorzędowej osnowy pomiarowej, czyli aby linię pomiarową traktować jako element liniowy tej osnowy. Takie postępowanie stwarza możliwość, jeśli zaistnieje potrzeba, wyznaczenia punktów pośrednich na tej linii i oparcia na nich nowych linii. W ten sposób może powstać liniowa struktura zagęszczenia sytuacyjnej osnowy pomiarowej, której współrzędne punktów będą wyznaczone w sposób ścisły. Czy takie postępowanie jest dopuszczalne? O tym będą decydowały średnie błędy położenia punktów wyznaczone w procedurze ścisłego wyrównania całej osnowy pomiarowej jako sieci jednorzędowej, to jest wówczas, jeśli nie przekroczą wartości dopuszczalnej.



Nieobowiązująca już Instrukcja techniczna G-4 [3] dopuszczała w pewnych przypadkach nawet 3 rzędy linii pomiarowych i taka struktura linii może być nadal stosowana w praktyce, jeśli wyrównanie przeprowadzimy w sposób ścisły w układzie jednorzędowym i jeśli tylko kryterium dokładności odnoszące się do średnich błędów położenia punktów będzie spełnione.

W świetle podanych uwag weryfikacja długości linii pomiarowej w zasadzie jest dopuszczalna w sytuacjach, jeśli linia pomiarowa łączy punkty osnowy geodezyjnej lub punkty szczegółów terenowych I grupy dokładnościowej. W tym drugim przypadku dopuszczamy świadomie naruszenie wymienionych wcześniej zasadniczych postanowień odnoszących się do sytuacyjnej osnowy pomiarowej, uzasadniając to ograniczeniem wykorzystania takiej linii do pomiaru szczegółów II i III grupy.

Uważam, że dyskusyjne są zalecane w standardach [1] kryteria weryfikacji długości linii pomiarowych. Powstaje pytanie, dlaczego dopuszczalna odchyłka fL dwukrotnego pomiaru linii jest większa od odchyłki wynikającej z różnicy pomiędzy długością linii wyliczoną ze współrzędnych i długością wynikającą z pomiarów. W pierwszym przypadku na różnicę wyników wpływ mają głównie błędy przypadkowe, natomiast w drugim przypadku dominujący wpływ mogą mieć: błędy systematyczne, błąd długości wyliczonej ze współrzędnych i w znacznie mniejszym stopniu błędy przypadkowe pomiaru, ze względu na możliwość ich częściowej redukcji i uśrednienia.

Należy zaznaczyć, że rozważania o liniach pomiarowych nie mają zasadniczego znaczenia, gdyż w praktyce – ze względu na zanikanie metody ortogonalnej pomiaru szczegółów – tworzenie sytuacyjnej osnowy pomiarowej z wykorzystaniem linii pomiarowych może wystąpić bardzo rzadko. Niemniej takiego sposobu zagęszczenia osnowy i pomiaru szczegółów nie można wykluczyć, bo na przykład są takie rejony w obrębie niektórych zakładów przemysłowych (szczególnie elektrownie), na których nie można wykonać pomiarów z wykorzystaniem technologii elektronicznej ze względu na oddziaływanie silnego pola elektromagnetycznego na funkcjonowanie przyrządów.

Kontynuując moje propozycje, krótko przedstawię problem obliczeniowy związany z włączeniem wyników pomiaru linii pomiarowych do ścisłego wyrównania całej sytuacyjnej osnowy pomiarowej. Założmy, że przy zagęszczeniu takiej osnowy linią pomiarową (patrz rys.) pomiarowi będą podlegały długości odcinków: A-B, A-1, 1-B, C-D, C-2, 2-D i 1-2. Pomiar wszystkich wymienionych odcinków powinny być niezależne. Należy zwrócić uwagę na to, że zalecany sposób pomiaru jest nieco inny od stosowanego dotychczas, a szczególnie gdy pomiar był wykonywany za pomocą przymiarów wstęgowych, gdyż wówczas położenie punktów pośrednich na linii wyznaczano za pomocą tzw. miary bieżącej.

W ścisłym wyrównaniu osnowy dla wymienionych odcinków powinny być układane równania poprawek w znanej postaci:

$$v_d = -adx_i - bdy_i + adx_k + bdy_k + l_d \quad (1)$$

gdzie:

i, k – punkt początkowy i oraz punkt końcowy k odcinka d .

Jeśli przyjmiemy, że na przykład punkt pośredni 1 (rys. obok) tyczony jest instrumentem ustawionym na stanowisku w punkcie A po wycelowaniu na punkt B, to czynności te prowadzą do realizacji kąta $\alpha = 0^s$ o wierzchołku w punkcie A i ramionach A-B i A-1. Ze względu na losowy charakter postępowania możemy napisać:

$$\alpha_r + v_\alpha = \alpha_0 + d\alpha, \quad (2)$$

gdzie:

α_r – kąt realizowany przy tyczeniu punktu pośredniego,

α_0 – kąt przybliżony,

v_α – poprawka kąta,

$d\alpha$ – niewielki przyrost kąta.

Tak samo postępujemy przy tyczeniu innych punktów pośrednich.

Związek (2) jest ogólnym równaniem błędu (poprawki) obserwacji, a w tym przypadku kąta α . Jeśli przyjmiemy oznaczenia punktów wyznaczających kąt α , tj.:

C – wierzchołek,

P, L – punkt na prawym i lewym ramieniu kąta α ,

oraz jeśli uwzględnimy, że $\alpha_r = 0^s$,

to równanie (2) przyjmuje znaną szczegółową formę:

$$v_\alpha = -B_p dx_p - A_p dy_p + B_L dx_L - A_L dy_L + (B_p - B_L) dx_C - (A_p - A_L) dy_C + \alpha_0. \quad (3)$$

Ze względu na to, że kąt α_r przy tyczeniu punktu pośredniego wyznaczany jest z wysoką dokładnością w stosunku do dokładności innych mierzonych kątów w sytuacyjnej osnowie pomiarowej, do ścisłego wyrównania wprowadzamy tę obserwację z „dużą” wagą. Możemy także równanie (3) zamienić na równanie z warunkiem na niewiadome i , przyjmując $v_\alpha = 0$, otrzymamy jego następującą formę:

$$-B_p dx_p - A_p dy_p + B_L dx_L - A_L dy_L + (B_p - B_L) dx_C - (A_p - A_L) dy_C + \alpha_0 = 0. \quad (4)$$

Dalsza procedura obliczeniowa po ułożeniu równań obserwacji w całej osnowie pomiarowej będzie związana z realizacją algorytmu metody pośredniczącej lub metody pośredniczącej z warunkami na niewiadome.

Postanowienia podane w standardach [1], odnoszące się do sytuacyjnej osnowy pomiarowej, takie jak: •jednorzędowość tej osnowy, •ściśle jej wyrównanie, •dopuszczalna wartość średniego błędu położenia punktu nie większa od 0,10 m, należy uznać za słuszne w świetle obecnie funkcjonującej techniki pomiarowej i obliczeniowej, a także w świetle potrzeb wykonywania pomiarów z wykorzystaniem omawianej sytuacyjnej osnowy pomiarowej.

Zdaniem autora postanowienia te nie są jednak konsekwentnie przestrzegane w tekście standardów [1], stąd wcześniej przedstawione propozycje do ewentualnego skorygowania istniejących nieścisłości.

Prof. dr hab. Józef Beluch

prof. wizyt. w PWSTE w Jarosławiu, emeryt. prof. zw. AGH w Krakowie

Literatura

- [1] Rozporządzenie ministra spraw wewnętrznych i administracji w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego z 9 listopada 2011 r., DzU z 2011 r. nr 263, poz. 1572;
- [2] Rozporządzenie ministra administracji i cyfryzacji w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych z 14 lutego 2012 r., DzU z 30 marca 2012r., poz. 352;
- [3] Instrukcja techniczna G-4. Pomiaru sytuacyjne i wysokościowe, Ministerstwo Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa. Departament Geodezji, Kartografii i Gospodarki Gruntami, wydanie 3, Warszawa 1988.