

THE TECHNIQUE IN POLAR MEASUREMENTS OF DETAIL POINTS

TECHNOLOGIA POMIARÓW SZCZEGÓŁOWYCH METODĄ BIEGUNOWA

Wiesław KOSIŃSKI

Katedra Geodezji i Fotogrametrii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego Warszawa

In this report, I am presenting the technique in polar measurements of detail points. Here, I suggest, to obtain the plane co-ordinates of survey points, by doing angle - length resection with two point and one additionally fixed point. I have satisfied that accuracy of this survey is correct. The technique should be put into practice in difficult circumstances, for example in a narrow street, where there is a need of detail points to obtain. It is possible to automatize recording measurements and calculating co-ordinates by using a program to microcomputer according to presented algorithm.

Przedstawiam technologię wykonywania pomiarów szczegółów sytuacyjnych metodą biegunową, w trudnych warunkach terenowych np. w wąskiej ulicy. Proponuję zagęszczać osnowę poligonową lub kilkoma dodatkowymi punktami a współrzędne dowolnie wybieranych stanowisk pomiarowych obliczać na podstawie wcięć kątowno liniowych wstecz do trzech najdogodniejszych punktów. Dokładność tak obliczonych współrzędnych jest zadawalająca. Zapisywanie pomiarów jak i obliczenia współrzędnych można automatyzować wprowadzając program do mikrokomputera według podanego algorytmu.

Wprowadzenie.

Stosowanie metody biegunowej przy wykonywaniu pomiarów szczegółowych pozwala na automatyzowanie procesów pozyskiwania danych pomiarowych, ich rejestrowania oraz przygotowywanie do dalszych opracowań obliczeniowych i graficznych. Pomiar można zorganizować tak, aby udział człowieka przy odczytywaniu, zapisywaniu i przenoszeniu danych do dalszych opracowań był minimalny. Nie jest możliwe podobne zorganizowanie pomiaru metodą domiarów prostokątnych, gdzie niemal wszystkie czynności w terenie musi wykonać człowiek: odczytać, narysować, zapisać a w biurze wprowadzić dane do komputera.

Przeszkodą w powszechnym stosowaniu metody biegunowej są niedostatki w wyposażeniu sprzętowym oraz brak odpowiedniej technologii pomiaru, pozwalającej uczynić pomiar łatwym, nawet w trudnych warunkach terenowych. Osobnym zagadnieniem są ludzkie przyzwyczajenia do starych sposobów wykonywania pomiarów.

W niniejszym opracowaniu przedstawiam propozycję technologii opartej na stosowaniu metody biegunowej przy zastosowaniu do pomiaru teodolitu elektronicznego - stacji pomiarowej (total station) wyposażonej w rejestrator - mikrokomputer, np. typu PSION. Technologia ta powinna się sprawdzić w trudnych warunkach do zastosowania metody biegunowej, np. wówczas gdy wykonujemy pomiar szczegółów położonych przy wąskiej ulicy, przy której po obydwu stronach znajdują się budynki, ogrodzenia oraz inne szczegóły do inwentaryzacji. Szczegóły te znajdują się w różnej odległości od osi ulicy i są zasłaniane przez inne elementy sytuacyjne. Wykonywanie wówczas pomiaru metodą biegunową przy wykorzystaniu na stanowiska pomiarowe tylko punktów już istniejącej osnowy, nie jest możliwe. Zakładam, że istnieje już w terenie sieć poligonowa, której punkty mogą być znacznie od siebie oddalone. Poniżej przedstawiam technologię wykonywania pomiarów szczegółowych metodą biegunową, która może być stosowana w każdych warunkach terenowych oraz propozycję zautomatyzowania tych pomiarów.

2. Przedstawienie proponowanej technologii.

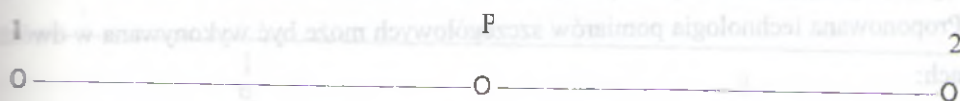
Chcąc wykonać pomiar szczegółów metodą biegunową w przedstawionych wyżej, trudnych warunkach, należałoby wielokrotnie ustawiać instrument na dodatkowych punktach, między istniejącymi punktami osnowy poligonowej. Pomiar szczegółów sytuacyjnych i zagęszczenie istniejącej osnowy pomiarowej może być wykonane w następujących wariantach:

1. Przed rozpoczęciem pomiaru obieramy stanowiska pomiarowe, stabilizujemy je lub tymczasowo utrwalamy oraz wyznaczamy współrzędne tych punktów na podstawie pomiaru z istniejących punktów poligonowych. Sposób ten uważam za mało przydatny w praktyce ponieważ przed pomiarem trudno dokładnie ustalić miejsca przyszłych stanowisk pomiarowych. Dodatkową komplikacją jest konieczność utrwalania tych punktów gdyż może to być miejsce na jezdni gdzie znak mógłby ulec szybkiemu zniszczeniu.

2. Pomiar szczegółów sytuacyjnych wykonujemy ze stanowisk wybieranych w trakcie pomiaru szczegółów. Stanowiska te tymczasowo utrwalamy aby po skończeniu pomiaru szczegółów wyznaczyć ich położenie na podstawie pomiaru z istniejących punktów poligonowych. Wadą tego sposobu jest konieczność tymczasowego utrwalania punktów-stanowisk pomiarowych, gdyż mogą ulec zniszczeniu jeszcze przed wyznaczeniem ich położenia. Zastrzeżeniem jest również to, że w trakcie pomiaru szczegółów nie znamy współrzędnych stanowiska a więc nie możemy obliczyć współrzędnych punktów szczegółowych, co uniemożliwi nam tworzenie mapy numerycznej w terenie.

3. Obieramy stanowiska pomiarowe w miejscach najwygodniejszych do pomiaru punktów szczegółowych i zmieniamy je w miarę potrzeb, tzn. po zinwentaryzowaniu wszystkich punktów widocznych z danego stanowiska przenosimy się z instrumentem na następne aby kontynuować pomiar. Określenie współrzędnych stanowisk instrumentu uzyskujemy z kombinowanych więc liniowo-kątowych w nawiązaniu do punktów osnowy. Miejsce nawiazania instrumentu nie stabilizujemy. Proponuję stosowanie powyższego sposobu nawiazania pomiarów szczegółowych

Przy obecnie powszechnie uzyskiwanych dokładnościach pomiarów kątów i długości, możliwe jest wyznaczanie położenia punktów P (na podstawie długości: 1- P i P-2 oraz kąta



rys. 1

1-P-2) z wystarczającą dokładnością nawet wówczas, gdy znajduje się on na prostej łączącej punkty 1 i 2 - rys.1.

Zakładając, że błędy średnie kątów - m_α w mierze radialnej są w przybliżeniu równe błędom względnym długości - $\frac{m_d}{d}$, błędy średnie współrzędnych punktu P wynoszą:

$$m_{xp} = m_d \frac{1}{2} \quad (1)$$

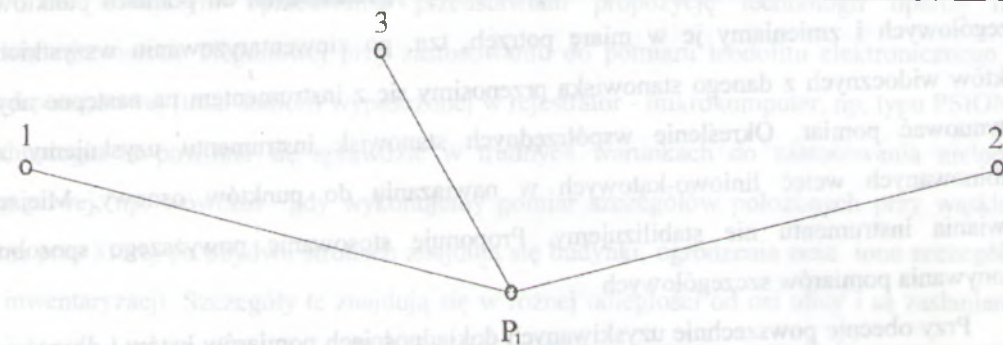
$$m_{yp} = m_d \sqrt{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Przyjmując $m_d = 0.01m$. uzyskujemy m_{xp} oraz m_{yp} całkowicie zadawalające.

Nawiazywanie się jednak tylko do dwóch punktów osnowy nie jest dostatecznie kontrolowane. Można jedynie porównywać długości między punktami 1 i 2 obliczone ze współrzędnych tych punktów i na podstawie pomiaru długości 1-P i P-2 oraz kąta 1-P-2:

$$d_{1-2} = \sqrt{(d_{1-P})^2 + (d_{P-2})^2 - 2(d_{1-P})(d_{P-2}) \cos \alpha_{1-P-2}} \quad (3)$$

Kontrolę tą uważam za niedostateczną. W przypadku błędnego ustawienia lustra, zamiast na punkcie 2, na okręgu zakreślonym promieniem $R = d_{1-2}$ lub w jego pobliżu, powyższe sprawdzenie okaże się nieprzydatne. Dlatego proponuję tworzenie konstrukcji z dodatkowo zakładanym punktem - 3, przy której jest możliwość sprawdzenia 3 długości kontrolnych - rys. 2. Są to długości 1-2, 1-3, i 3-2.



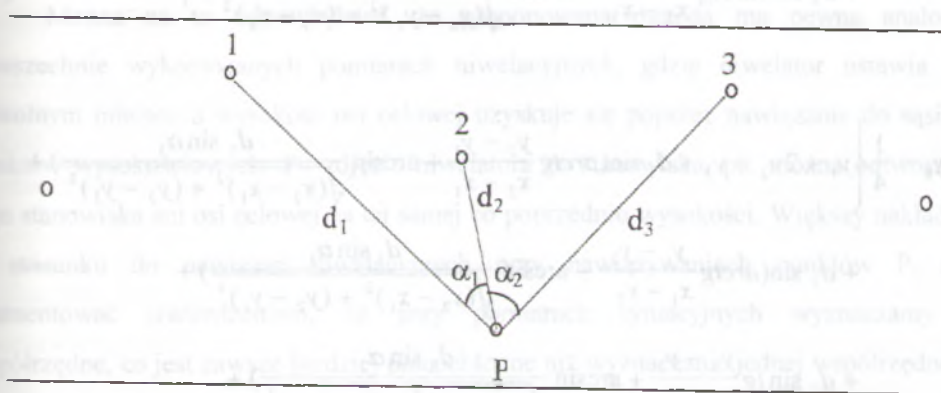
rys. 2

Proponowana technologia pomiarów szczegółowych może być wykonywana w dwóch wariantach:

1. Zagęszczenia istniejącej osnowy dokonujemy przez założenie tylko jednego punktu dodatkowego i nawiązywanie stanowisk pomiarowych uzyskujemy na podstawie pomiaru do dwóch istniejących punktów osnowy oraz trzeciego punktu nowo - założonego. Istniejącą osnowę w postaci punktów 1 i 2 można dokończyć dodatkowym, niestabilizowanym punktem 3. Punkt ten byłby zakładany mniej więcej w połowie odległości między punktami 1 i 2 i możliwie znacznie oddalony od linii 1-2, jednak powinien być widoczny ze wszystkich potencjalnych miejsc usytuowania punktów P. Jeżeli pomiar odbywa się na ulicy, to zakładam, że wszystkie punkty 1, 2, 3 oraz swobodnie wybierane punkty P powinny być widoczne w pasie ulicy - jest między nimi dobra widoczność w czasie wykonywania pomiarów na odcinku między punktami 1 i 2. Na punktach bazowych 1, 2 i 3 stałyby statywy z umieszczonymi lustrami, które umożliwiłyby nawiązywanie się ze swobodnie wybieranych punktów P. Przed rozpoczęciem pomiaru punktów szczegółowych powinna być sprawdzona odległość między punktami osnowy 1 i 2, gdyż współrzędne tych punktów mogą pochodzić z pomiarów o mniejszej dokładności a odległość między nimi może być dodatkowo zniekształcona w trakcie wyrównywania przyrostów współrzędnych. Pomiar odbywałby się w układzie odniesienia jednego z punktów osnowy z przyjęciem kierunku zasadniczego na drugi punkt osnowy. Punkt 3 proponuje wyznaczyć przez pomiar kąta i odległości na punkcie wyznaczającym dany układ odniesienia. W sytuacji przedstawionej na rys. 2 pomiar odbywa się w układzie punktu 1 z przyjęciem kierunku zasadniczego 1-2. Czynności pomiarowe rozpoczynają się na punkcie 1, od pomiaru odległości 1-2 i 1-3 oraz kąta 2-1-3. Pozwoliłoby to obliczyć współrzędne punktów 2 i 3. Następnie przenosimy instrument i ustawiamy w

dowolnie wybranym miejscu -najbardziej przydatnym do wykonywania pomiaru szczegółów sytuacyjnych - w punkcie P_1 . Pracę na tym punkcie rozpoczynamy od nawiązania się do punktów 1, 2 i 3. Celujemy kolejno do punktów 1, 2 i 3 i dokonujemy pomiaru odległości $1-P_1$, $3-P_1$ i $2-P_1$ oraz kątów $1-P_1-3$ i $3-P_1-2$. Dane te pozwalają nam obliczyć współrzędne punktu P_1 . Następnie wyznaczamy wszystkie punkty sytuacyjne dostępne do pomiaru z danego punktu P_1 . Po zakończeniu prac pomiarowych na punkcie P_1 przenosimy się z instrumentem na kolejny punkt P_2 i powtarzamy wszystkie czynności.

2. Zagęszczenie istniejącej osnowy dokonujemy przez założenie kilku punktów dodatkowych, założonych wzdłuż trasy a nawiązanie stanowisk pomiarowych uzyskujemy z pomiaru do trzech punktów bazowych, przy czym mogą to być tylko punkty nowo założone - rys. 3.



rys.3

Punkty zagęszczenia osnowy mogą być niestabilizowane lecz tylko tymczasowo zaznaczane. Powinny być umieszczane na jezdni lub chodniku w miejscach możliwie bezpiecznych, gdzie mogą być zaznaczane tymczasowo przy pomocy szablonu i farby szybko schnącej. Punkty te będą wyznaczone metodą biegunową z istniejących już wcześniej punktów osnowy poligonowej. Podobnie jak w wariantcie 1, również i w tym przypadku wyznaczanie współrzędnych stanowisk P dokonuje się przez nawiązanie do dowolnych trzech punktów osnowy - pomiar trzech odległości i dwóch kątów. Stanowiska pomiarowe nie będą ani stabilizowane ani nawet chwilowo utrwalane.

Posługując się teodolitem elektronicznym, wszystkie dane pomiarowe możemy rejestrować a mając sprzężony z teodolitem mikrokomputer możemy je wnieść do jego pamięci i dokonywać obliczeń. Na punkcie będącym początkiem układu obliczymy współrzędne punktu lub punktów zagęszczenia osnowy. Na stanowiskach pomiarowych - P

wyberzemy 3 punkty dowiązania i dokonamy na nie pomiaru w/g przyjętego schematu.

Algorytmy na obliczenie współrzędnych punktów P są następujące:

$$\begin{aligned}
 x_p = \frac{1}{4} \left\{ x_1 + 2x_2 + x_3 + d_1 \cos(\arctg \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} + \arcsin \frac{d_2 \sin \alpha_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}) + \right. \\
 + d_2 \cos(\arctg \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - \arcsin \frac{d_1 \sin \alpha_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}) + \\
 + d_3 \cos(\arctg \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} + \arcsin \frac{d_3 \sin \alpha_2}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}}) + \\
 \left. + d_3 \cos(\arctg \frac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3} - \arcsin \frac{d_2 \sin \alpha_2}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}}) \right\} \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_p = \frac{1}{4} \left\{ y_1 + 2y_2 + y_3 + d_1 \sin(\arctg \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} + \arcsin \frac{d_2 \sin \alpha_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}) + \right. \\
 + d_2 \sin(\arctg \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - \arcsin \frac{d_1 \sin \alpha_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}) + \\
 + d_3 \sin \arctg \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} + \arcsin \frac{d_3 \sin \alpha_2}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}} + \\
 \left. + d_3 \sin(\arctg \frac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3} - \arcsin \frac{d_2 \sin \alpha_2}{\sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2}}) \right\} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Po zaprogramowaniu powyższych algorytmów w posiadanym mikrokomputerze, sprzężonym z teodolitem elektronicznym, możemy uzyskać automatycznie współrzędne stanowisk pomiarowych - P, a następnie współrzędne punktów szczegółowych.

Przeprowadziłem analizy teoretyczne dla określenia błędów średnich współrzędnych punktów P, przy założeniu, że punkty te będą rozmieszczone wzdłuż prostej 1 - 2. Przyjąłem, że błędy średnie pomiaru kątów są - $m_\alpha = 20''$ zaś pomiaru długości - $m_d = 0.01m$.

We wszystkich rozpatrywanych przypadkach uzyskałem:

$$m_{x_p} \leq 0.014m. \quad (6)$$

$$m_{y_p} \leq 0.015m. \quad (7)$$

Dane te wskazują, że wyniki pomiarów otrzymane przy stosowaniu proponowanej metody są wystarczająco dokładne.

Wykonane w niewielkim zakresie pomiary doświadczalne potwierdziły uzyskane teoretycznie dokładności.

3. Wnioski końcowe.

Przedstawiona metoda wykonywania pomiarów szczegółowych, może budzić opory wśród geodetów-tradycjonalistów, ze względu na brak stabilizacji punktu 3 w pierwszym wariancie oraz stanowisk pomiarowych P. Nie można z tego powodu powtórzyć wykonanych z tych punktów pomiarów szczegółowych.

Mozna na to odpowiedzieć, że proponowana metoda ma pewną analogię w powszechnie wykonywanych pomiarach niwelacyjnych, gdzie niwelator ustawia się w dowolnym miejscu a wysokość osi celowej uzyskuje się poprzez nawiązanie do sąsiednich punktów wysokościowych. Po zdjęciu niwelatora ze stanowiska, nie można odtworzyć ani tego stanowiska ani osi celowej na tej samej co poprzednio wysokości. Większy nakład pracy w stosunku do nawiązań niwelacyjnych przy nawiązywaniach punktów P, można skomentować stwierdzeniem, że przy pomiarach sytuacyjnych wyznaczamy dwie współrzędne, co jest zawsze bardziej pracochłonne niż wyznaczanie jednej współrzędnej przy niwelacji.

Przeprowadzone pomiary terenowe proponowaną metodą nie dały podstaw do stwierdzenia dużej pracochłonności nawiązywania się na poszczególnych stanowiskach P.

Sądzę, że proponowana metoda może znaleźć miejsce w praktyce geodezyjnej.

Bibliografia.

- [1] Hausbrandt S.: Rachunek wyrównawczy i obliczenia geodezyjne. PPWK warszawa 1971
- [2] Kosiński W.: Problemy osnów do pomiarów sytuacyjnych metodą biegunową. I Konferencja Katedr i Zakładów Geodezji na Wydziałach Melioracji i Inżynierii Środowiska. Warszawa 1995
- [3] Skórczyński A.: Rachunek wyrównawczy. PPWK Warszawa 1985
- [4] Wysocki J.: Geodezja z Fotogrametrią. Wyd. SGGW Warszawa 1991