

Kamil KOWALCZYK<sup>1</sup>  
Jacek RAPINSKI<sup>2</sup>

## PROPOZYCJA KONTROLI PUNKTÓW GEODEZYJNYCH NIEDOSTĘPNYCH DO BEZPOŚREDNIEGO POMIARU GPS RTK

### Streszczenie

Celem pracy jest pokazanie możliwości kontroli punktów geodezyjnych niedostępnych do bezpośredniego pomiaru technologią GPS RTK oraz możliwości odszukania punktów granicznych, nad którymi nie można bezpośrednio postawić tyczki z odbiornikiem GPS. Opisano kilka przykładów takich punktów, potrzeby ich pomiaru kontrolnego oraz przeprowadzono testy na wybranym obiekcie testowym. Jako metodę pośredniego pomiaru wykorzystano metodę wcięć liniowych. Odniesiono się także do innych metod pomiaru pośredniego punktów niedostępnych.

**Słowa kluczowe:** punkty niedostępne, GPS RTK, metody pośrednie

### 1. Wprowadzenie

Pomiarów kontrolnych położenia szczegółów terenowych można dokonać z użyciem różnego sprzętu i różnych metod pomiarowych. Najpopularniejsze z nich to pomiar tachymetryczny oraz pomiar GPS RTK.

Wybór metody pomiaru uzależniony jest od przedmiotu pomiaru oraz dostępności osnowy geodezyjnej na terenie pomiaru. Na terenach wiejskich o rozproszonej zabudowie najefektywniejszą metodą jest pomiar RTK. Jest to pomiar szybki nie wymagający nawiązania do osnowy pomiarowej i odszukiwania osnowy państwowej, użycia tachimetru, a także zakładania ciągów poligonowych. Szczegóły sytuacyjne ze względu na specyfikę pomiaru metodą RTK można podzielić na dwie grupy.

Pierwszą grupę stanowią szczegóły, nad którymi bezpośrednio w terenie można postawić tyczkę z odbiornikiem GPS i wykonać pomiar. Drugą grupę stanowią szczegóły do których nie ma bezpośredniego dostępu lub nie można nad nimi postawić tyczki z odbiornikiem (np. latarnia). W dalszej części artykułu punkty te będą nazywane punktami niedostępnymi. Aby wykonać pomiar takiego punktu należy najpierw wyznaczyć w trybie RTK współrzędne punktów pomocniczych (bazy) metodą GPS RTK. Punkty bazowe należy zlokalizować w takich miejscach, aby bez problemu można było wyznaczyć ich pozycję tj. tam gdzie nie ma przeszkód w odbiorze sygnałów satelitarnych. Dalszy pomiar do szczegółów można wykonać znanymi metodami takimi jak metoda: wcięć liniowych, przedłużenie prostej, metoda domiarów prostokątnych, metoda pomiarów biegunowych tachimetrem elektronicznym.

### 2. Potrzeba kontrolnego wyznaczania położenia punktów

Kontroli położenia poziomego i wysokościowego podlegają liczne punkty geodezyjne w postaci szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej. Kontrola ta wynika z założeń instrukcji G4 [1], która mówi, że każdy szczegół I grupy dokładnościowej powinien mieć element kontrolny w postaci czołówki, wyznaczenia z innego stanowiska, pomiaru odległości do innych szczegółów I grupy lub w przypadku pomiarów GPS RTK powtórnego pomiaru.

<sup>1</sup>dr inż. Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko- Mazurski w Olsztynie

<sup>2</sup>dr inż. Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko- Mazurski w Olsztynie

Kontrolę położenia szczegółów sytuacyjnych lub ich odszukania wykorzystuje się także podczas modernizacji ewidencji gruntów i budynków oraz przy wycenie nieruchomości. Wówczas ponownemu pomiarowi kontrolnemu podlegają punkty graniczne oraz narożniki budynków. Podczas takich pomiarów pojawia się problem dostępności nie tylko osnowy (pomiar tachimetryczny), ale także dostępność samych szczegółów terenowych do bezpośrednich pomiarów RTK. Na dostępność pomiarów w trybie RTK wpływa kilka czynników z których najważniejszym jest odkryty horyzont. Horyzont może być ograniczony przez przesłony terenowe w postaci wysokich budynków, zadrzewienia i zakrzaczenia, ukształtowanie terenu.

Kontrolnemu pomiarowi może podlegać wiele szczegółów sytuacyjnych. Pomiar kontrolny rzadko jest głównym przedmiotem zadania geodezyjnego. Wykonuje się go przeważnie w przypadku niejasności stwierdzonych podczas prac kameralnych, podczas prac projektowych przy zakładaniu osnowy geodezyjnej lub podczas modernizacji ewidencji gruntów i budynków (rys. 1).

W referacie podkreślono przydatność pośrednich metod pomiaru w kontroli szczegółów sytuacyjnych takich jak:

- naroża budynków ,
- punkty załamania granicy położone na granicy zadrzewienia lub wewnątrz zakrzewienia
- punkty zakładanej metodą RTK osnowy pomiarowej, co do których istnieje podejrzenie nieprawidłowości wyznaczenia współrzędnych (możliwe zakłócenie sygnału GPS - w pobliżu urządzeń elektroenergetycznych, stacji przekaźnikowych, masztów RTV i GSM.
- punkty osnowy szczegółowej.



Rys. 1. Kontrola współrzędnych naroża budynku

### 3. Różne metody pomiaru punktów niedostępnych

Metody pośrednie pomiaru szczegółów w trybie RTK opierają się na zastosowaniu metod znanych od lat. Należą do nich:

- metoda wcięcia linowego,
- metoda przedłużenia prostej,
- metoda przecięcia prostych,
- metoda domiarów prostokątnych.

Na dokładność wyznaczenia współrzędnych szczegółu oprócz jakości wyznaczenia współrzędnych punktów bazy [2] wpływa także wewnętrzna dokładność każdej z konstrukcji [3].

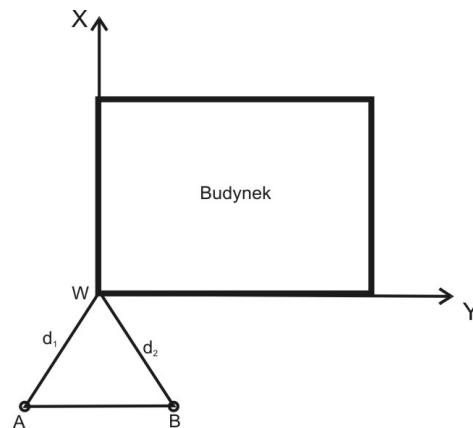
Zastosowana konstrukcja geometryczna wyznaczająca położenie szczegółu sytuacyjnego powinna spełniać także kryteria dokładnościowe dla poszczególnych grup dokładnościowych oraz według instrukcji G-4 [1] spełniać następujące wymagania:

- powinien być pomierzony co najmniej jeden element nadliczbowy wcięcia przy wyznaczaniu punktów pojedynczych,

- powinien być dokonany pomiar kontrolny pomiędzy wciętymi punktami określającymi szczegół terenowy.

Z przeprowadzonych analiz [3], biorąc pod uwagę dokładność wyznaczenia współrzędnych, czas pomiaru oraz ilość osób niezbędnych do jego przeprowadzenia wynika, iż najefektywniejszą metodą pośrednią jest metoda wcięć liniowych.

Pomiar szczegółu z punktów bazowych metodą wcięcia liniowego polega na wyznaczeniu położenia punktu na podstawie pomierzonych odległości dalmierzem laserowym (np. Leica DISTO) lub ruletką, między mierzonym punktem, a punktami o znanym położeniu (punktami bazowymi). Na (rys. 2) przedstawiono przypadek wyznaczenia szczegółu sytuacyjnego (punktu niedostępnego do bezpośredniego pomiaru RTK) z wykorzystaniem wcięcia liniowego.



Rys. 2. Wyznaczenie pikiety metodą wcięcia liniowego

Punkty *A* i *B* przedstawione na (rys. 2) to punkty bazowe wyznaczone techniką RTK GPS, punkt *W* jest punktem wcinanym,  $d_1$  i  $d_2$  to elementy liniowe, których długości pomierzono ręcznym dalmierzem laserowym. W przepisach [1], [4] nie są określone dokładne warunki geometryczne jakie musi spełniać konstrukcja takiego wcięcia liniowego. Szerszy opis przypadków geometrycznych konstrukcji wcięcia liniowego, które mogą wpłynąć na dokładność wyznaczanych współrzędnych punktu sytuacyjnego można znaleźć w pracy [5], [3], [9-17].

#### 4. Obiekt testowy i wykonanie pomiarów

Obiekt testowy stanowi rozeta punktów osnowy odtwarzalnej III klasy z sieci geodezyjnej funkcjonującej na terenie miasta Olsztyn. Kotwy rozety zastabilizowane są zastabilizowane na budynkach o trwałej konstrukcji, a punkty posiadają głównie współrzędne płaskie obecnie już przeliczone do państwowego układu współrzędnych „2000”. Na (rys. 3) przedstawiono umiejscowienie przedmiotowej rozety punktów na podkładzie mapowym zaczerpniętym z Geoportalu [6].



Rys. 3. Lokalizacja punktów kontrolnych w obszarze dzielnicy Kortowo

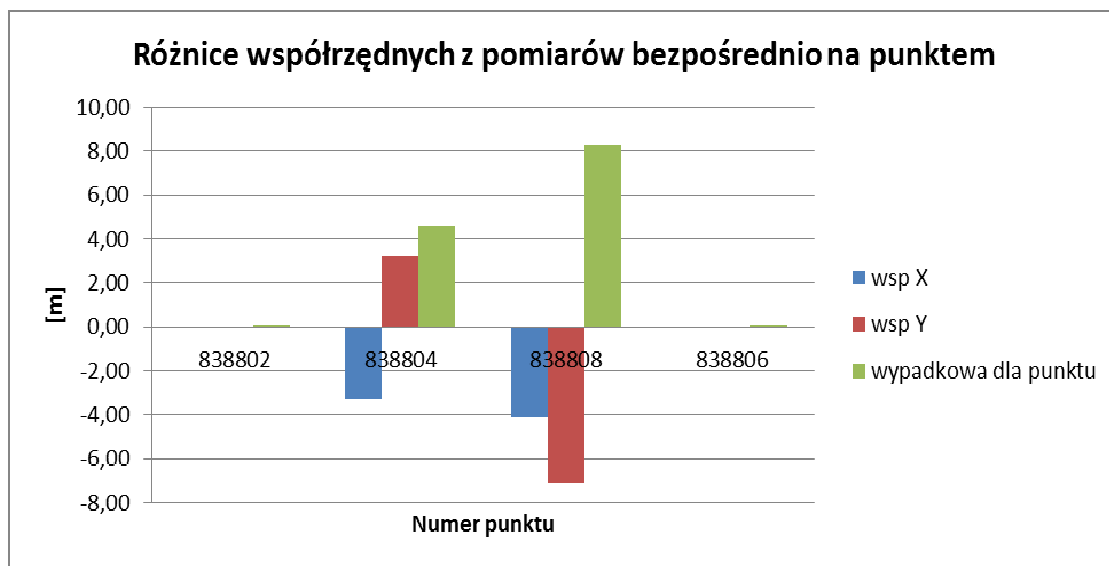
Teren wokół punktów osnowy jest to teren miejski o dużej ilości przeszkód terenowych przysłaniających horyzont przez co utrudniony jest lub wręcz niemożliwy bezpośredni pomiar RTK nad punktem osnowy. Przed wykonaniem pomiarów pośrednich w celu określenia możliwości pomiaru wyznaczono współrzędne punktów kontrolnych ustawiając odbiornik RTK bezpośrednio na punktem (rys. 4). Do pomiaru użyto dwuczęstotliwościowy odbiornik Viva firmy Leica pracujący w trybie RTN z ustawieniem 30 sekundowego pomiaru nad punktem.



Rys. 4. Pomiar bezpośredni nad punktem

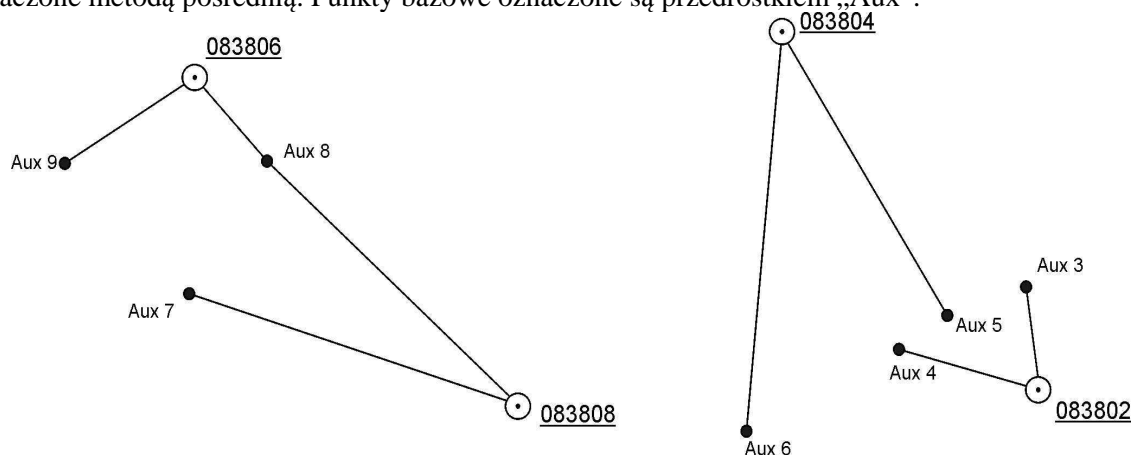
Na rysunku 5 przedstawiono różnice współrzędnych płaskich pomiędzy współrzędnymi wyznaczonymi bezpośrednio nad punktem (metodą RTK GPS), a współrzędnymi katalogowymi.

Pomiar przeprowadzono nad każdym z punktów. Na dwóch punktach udało się otrzymać rozwiązanie typu „fixed”, natomiast na dwóch kolejnych jedynie rozwiązanie typu „float”.



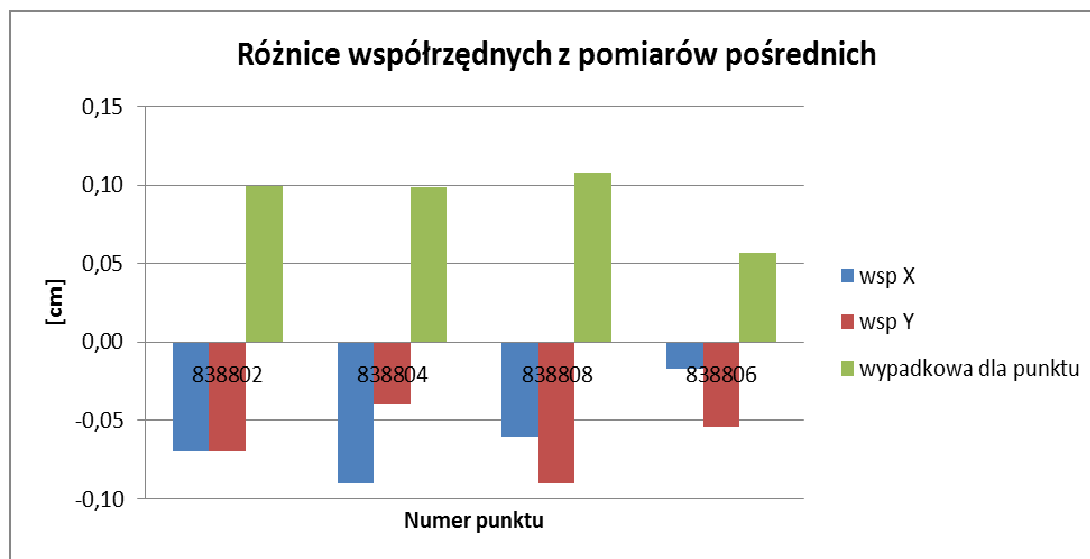
Rys. 5. Różnice współrzędnych z pomiaru bezpośredniego nad punktem [m]

Stwierdzono znaczne różnice współrzędnych punktów 838804 i 838808 co przesądziło o zastosowaniu pośredniej metody pomiarowej – użyto konstrukcji wcięcia liniowego.. Na (rys.6) pokazano rozmieszczenie punktów bazowych w stosunku do punktów, których współrzędne zostały wyznaczone metodą pośrednią. Punkty bazowe oznaczone są przedrostkiem „Aux”.



Rys. 6. Rozmieszczenie punktów bazowych względem mierzonych punktów kontrolnych

Po przeprowadzeniu pomiaru porównano otrzymane współrzędne z pomiarów pośrednich ze współrzędnymi katalogowymi. Otrzymane różnice pokazano na (rys 7).



Rys. 7. Różnice współrzędnych pośrednio pomierzonych punktów

Na podstawie otrzymanych różnic współrzędnych policzono błąd położenia punktów wyznaczonych metoda pośrednią względem punktów o współrzędnych katalogowych. Otrzymane wyniki bardzo zbliżone są do wartości 10cm. Na tak otrzymaną dokładność mogła mieć wpływ wartość kąta wcinanego w konstrukcji wcięcia liniowego, a także dużo większa odległość do mierzonych punktów w stosunku do odległości pomiędzy punktami bazowymi. Więcej o poprawności wykonywania pomiarów RTK oraz wpływie materiałów budowlanych na dokładność pomiaru odległości można znaleźć w pracy [7], [8]. Należy także zwrócić uwagę na fakt, iż wszystkie różnice mają ten sam kierunek przesunięcia. Może to świadczyć o wystąpieniu błędów systematycznych co do znaku, np. związanych z procesem przeliczenia współrzędnych katalogowych do układu PUWG „2000”.

## 5. Podsumowanie

Kontrola położenia punktów geodezyjnych (osnowa, szczegóły sytuacyjne) mimo, że nie jest głównym zadaniem geodezyjnym, stanowi nieodzowny element pracy geodety. W przypadku umiejscowienia punktu kontrolowanego umożliwiającego bezpośredni pomiar nad tym punktem nie ma większego problemu z użyciem do tego celu odbiornika GPS RTK. Problem z zastosowaniem tej metody pojawia się wówczas, gdy nie ma możliwości bezpośredniego pomiar punktu. W takich sytuacjach pozostaje posłużyć się tachimetrem, lub też skorzystać z pośrednich metod (wcięcie liniowe, przedłużenie prostej, przecięcia kierunków), ale z użyciem zestawu GPS RTK.

Porównanie współrzędnych wyznaczonych metoda pośrednią z użyciem odbiornika GPS RTK i współrzędnych katalogowych tych samych punktów dało pogląd na użyteczność tej metody. Pomiarowi kontrolnemu podlegały cztery punkty (tak zwana rozeta osnowy odtwarzalnej 3 klasy).

Ze względu na konstrukcję takich rozet oraz wcześniejsze doświadczenie w aspekcie pomiarów pośrednich z użyciem GPS RTK, autorom nie wydawało się zasadne dokonywanie pomiarów na większej ilości punktów. Wybrana rozeta spełniała większość utrudnień jakie można napotkać w trakcie pomiarów kontrolnych punktów geodezyjnych. Punkty rozmieszczone były przy ścianach budynków dwu i więcej kondygnacyjnych, wysokie drzewa przesłaniały horyzont, a możliwości wyboru stanowisk punktów bazowych ograniczały zaparkowane samochody oraz drobne wniesienia i skarpy. Odległości od punktów bazowych do punktów pomiarowych były dość znaczne jak na tego typu pomiar (do 30m).

Testy, które przeprowadzono w poniższym artykule pokazują, iż zastosowane rozwiązanie nadaje się do kontroli położenia poziomego punktów geodezyjnych. Otrzymane błędy liniowe mieszczą się w dopuszczalnych normach. Zastanawiający jest jednak fakt, że wszystkie różnice współrzędnych mają ten sam kierunek przesunięcia. Może to świadczyć także o błędach systematycznych występujących podczas pomiarów, w związku z tym zasadnym jest prowadzenie dalszych badań w



wykorzystaniem znacznie większej liczby punktów kontrolnych ukierunkowanych na identyfikację tych błędów.

### Literatura

- [1] Instrukcja techniczna G-4 Pomiary sytuacyjne i wysokościowe *GUGIK*
- [2] KOWALCZYK K 2011a., Ocena przydatności pomiaru punktów niedostępnych metodą GPS RTK z uwzględnieniem błędów punktów bazowych, *Przegląd Geodezyjny* 10/2011 pp.7-12
- [3] KOWALCZYK K., WĘGLICKI R. 2010, Analiza przydatności metod pomiaru szczegółów sytuacyjnych w technologii GPS RTK, *Przegląd Geodezyjny*, 9/2010 str. 3-9
- [4] Wytyczne techniczne G-4.1 Pomiary sytuacyjne i wysokościowe metodami bezpośrednimi, *GUGIK*
- [5] BELUCH J, KRZYŻEK R. 2005, GPS RTK technology used for indirect methods of topographical surveys, *Technical Sciences*, Supplement No 2, UWM Olsztyn
- [6] [www.geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl)
- [7] KOWALCZYK K., 2011b, Analiza błędów generowanych podczas pomiaru szczegółów sytuacyjnych metoda GPS RTK. *Acta Scientiarum Polonorum Geodesia et Descriptio Terrarum* 10 (1) pp. 5-22
- [8] KOWALCZYK K., 2011c Badanie wpływu materiałów budowlanych na dokładność pomiaru długości ręcznym dalmierzem laserowym *Przegląd Geodezyjny*, 7/2011
- [9] GOCAŁ J., UZNAŃSKI A., 2002 : Researching the accuracy of point position using the RTK GPS technique in the vicinity of terrain obstructions. *Prace Komisji Geodezji i Inżynierii Środowiska*, seria „Geodezja” nr 39. PAN oddział w Krakowie
- [10] KRZYŻEK R., 2002: Badania związane z zastosowaniem pomiarów satelitarnych RTK GPS do sytuacyjno-wysokościowej inwentaryzacji szczegółów terenowych „Geodezja” Tom 8, Zeszyt 1, Wydawnictwo AGH w Krakowie
- [11] WYCZAŁEK I., 1998: Tryb RTK pomiarów satelitarnych. RTK – Gadżet czy rewelacja? *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta*, nr 9 oraz prace „krakowskiego ośrodka naukowego”
- [12] GARGULA T., LIS I., TATRA B., 2005; Ocena możliwości zastosowania techniki RTK GPS jako metody szczegółowych pomiarów sytuacyjnych. *Acta Scientiarum polonorum* seria „Geodesia et Descriptio Terrarum”, nr 4 (2). Wydawnictwo Uniwersytetu przyrodniczego we Wrocławiu.
- [13] LENDA G., 2003: Badanie zasięgu i dokładności dalmierzy bezzwierciadlanych „Geodezja” Tom 9, zeszyt 1, Wydawnictwo AGH w Krakowie
- [14] KLIMKOWSKA H., WRÓBLEWSKI A., 2006: Uwagi o wykorzystaniu tachimetrów bezlustrowych w inwentaryzacji architektonicznej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16
- [15] RAPIŃSKI J, KOWALCZYK K., 2011, The modelling of a reflectorless range finder maximum range with Phong model, *Reports on Geodesy*, No. (90), pp417-422
- [16] KOWALCZYK K, TOMASZEWSKI D., 2011, Opracowanie modelu 3d ściany budynku pomierzonej tachimetrem bezlustrowym, *Reports on Geodesy*, No. (90), pp191-198
- [17] RAPIŃSKI J, KOWALCZYK K., 2011., Verification of theoretical Phong model in reflector less surveys, *Techn. SC.*, No, Y2011 pp 125-131

### INSPECTION OF GEODETIC POINTS UNAVAILABLE FOR DIRECT GPS-RTK SURVEY

#### Summary

The main goal of this paper is to show the possibility to inspect geodetic points which are unavailable for direct RTK survey along with the possibility to find a border point when one can not place a measuring pole over it. Few types of such points are described with the reasons to inspect them. In addition some experimental examples are provided. The traverse method was used as a method of indirect survey. Other methods are also described.

**Key words:** unavailable point, GPS RTK, indirect survey