

**OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ZESTAWU POMIAROWEGO  
GPS/RTK – DALMIERZ LASEROWY TRUPULSE 360B  
DO BUDOWY TRÓJWYMIAROWEGO MODELU BUDYNKU**

**APPLICATION OF GPS/RTK – TRUPULSE 360B MESUREMENT SET  
FOR 3D BUILDING MODELLING**

**Jacek Łubczonek, Krzysztof Beczkowski**

Akademia Morska w Szczecinie, Katedra Geoinformatyki

SŁOWA KLUCZOWE: modelowanie budynków 3D, GIS, analizy przestrzenne

**STRESZCZENIE:** Obecne technologie pozyskiwania danych umożliwiają opracowanie wysokiej jakości trójwymiarowych modeli różnych obiektów, a w tym budynków. Należą do nich różne metody skaningu laserowego, techniki fotogrametryczne czy tradycyjne naziemne metody pomiarowe. Stopień szczegółowości opracowanego modelu zależy od założonego celu, co przekłada się w dużej mierze na wybór odpowiedniej metody. W przypadku opracowań wielkoobszarowych dominują najnowsze technologie, takie jak lotniczy skaning laserowy czy cyfrowa fotogrametria lotnicza. Ze względu na zasięg opracowania są to metody również uzasadnione ekonomicznie. W przypadku potrzeby pozyskania danych dla projektów obejmujących mniejszy zakres opracowania wykorzystuje się naziemne metody pozyskiwania danych, takie jak skaning laserowy, pomiary tachymetryczne czy pomiary z wykorzystaniem technik GPS/RTK (*Global Positioning System/Real Time Kinematic*). Jednym z podstawowych założeń opracowania modeli budynku jest określenie dokładności sytuacyjnej i wysokościowej modelu oraz stopnia jego szczegółowości, co związane jest z doбором odpowiedniego zestawu pomiarowego. Biorąc pod uwagę stały rozwój rynku instrumentów pomiarowych, w niniejszym artykule dokonano oceny możliwości wykorzystania zestawu pomiarowego GPS/RTK oraz dalmierza laserowego TruPulse 360B do opracowania modelu budynku. Zastosowanie powyższego zestawu pomiarowego związane było z opracowaniem modeli budynków, które jako jeden z elementów pokrycia terenu, wykorzystano do analiz przestrzennych z wykorzystaniem mapy trójwymiarowej do planowania lokalizacji sensorów obserwacyjnych na śródlądowych drogach wodnych w obszarze portu Szczecin.

## **1. WSTĘP**

Wraz z rozwojem technologii pozyskiwania danych, sprzętu komputerowego oraz oprogramowania można obecnie opracowywać trójwymiarowe modele obiektów geograficznych. Modele te można między innymi wykorzystać do tworzenia map trójwymiarowych, jak również wykorzystywać pojedynczo, np. dla potrzeb sporządzania dokumentacji architektonicznej. Szczególną rolę w mapach trójwymiarowych odgrywają budynki, których opracowanie 3D jest obecnie celem różnych badań (Borowiec 2010, Cisko-Lesicka 2010). Niewątpliwie przyczyniła się do tego technika pozyskiwania danych z wykorzystaniem metod naziemnego

i lotniczego skaningu laserowego. Dużą rolę w modelowaniu budynków odgrywają również metody fotogrametryczne, zarówno lotnicze jak i naziemne. W przypadku tych pierwszych w ostatnich latach znacznie zwiększyła się rozdzielczość kamer, co automatycznie przełożyło się na wzrost dokładności opracowań fotogrametrycznych. Na szczególną uwagę zasługują również te ostatnie, związane ze stałym rozwojem i upowszechnianiem metod fotogrametrii nietopograficznej (ang. *Close Range Photogrammetry*) przy wykorzystaniu kamer niemetrycznych. Omawiając różne metody opracowania budynków 3D nie można też nie wspomnieć o metodach klasycznych, takich jak pomiar tachimetrem.

Wraz z rozwojem geodezyjnych technik pomiarowych rozwija się także dynamicznie rynek instrumentów dedykowany użytkownikom produktów GIS, którzy zazwyczaj nie wymagają pozyskiwania danych z dokładnością geodezyjną. Związane jest to bezpośrednio z realizacją różnych zadań w systemach informacji przestrzennej, które nie wymagają dokładności centymetrowych, a bardziej decymetrowych. Zaliczyć można do nich odbiorniki GNSS (nawet dwuczęstotliwościowe) oraz dalmierze laserowe umożliwiające bezpośredni pomiar punktu niedostępnego. W przypadku tych ostatnich umożliwia to zintegrowany kompas elektroniczny, za pomocą którego można dokonać pomiaru azymutu oraz elektroniczny inklinometr. Poprzez połączenie odbiornika GNSS oraz dalmierza laserowego można zmontować zestaw umożliwiający wykonywanie pomiarów metodą tachymetryczną. Zaletą takiej metody jest stosunkowo szybkie wykonywanie pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych. Przy odpowiednich warunkach (widoczność satelit), powyższy zestaw umożliwia przeprowadzenie pomiarów bez konieczności zakładania ciągów sytuacyjno-wysokościowych. Czyli bez konieczności zakładania osnowy pomiarowej metodą klasyczną, niewątpliwie bardziej pracochłonną od metody GNSS. Niemniej jednak uzależnione jest to od kilku czynników. Pierwszym z nich jest niewątpliwie możliwość określenia pozycji GPS, natomiast drugim dokładność pomiarowa dalmierza.

Celem badań jest ocena przydatności omawianego powyżej zestawu pomiarowego do opracowania modeli 3D budynków. Opracowanie tych modeli związane jest z przeprowadzaniem analiz przestrzennych w celu optymalizacji rozmieszczenia sensorów obserwacyjnych na śródlądowych drogach wodnych (Łubczonek 2007, 2008, Stateczny Łubczonek 2009).

Autorzy pracy przeprowadzili weryfikację zestawu pomiarowego GIS składającego się z odbiornika GNSS oraz dalmierza laserowego z możliwością pomiaru azymutu. W związku z charakterem opracowań, którym są budynki, zakres weryfikacji dotyczy obszaru zurbanizowanego. Wyniki badań wykorzystano do opracowania wybranych budynków dla potrzeb przeprowadzenia analiz związanych z lokalizacją sensorów obserwacyjnych, co jest częścią prac finansowanych ze środków na naukę w latach 2010–2012 jako projekt badawczy "*Metodyka opracowania numerycznego modelu pokrycia terenu w aspekcie planowania sensorów obserwacyjnych na śródlądowych drogach wodnych*".

## 2. METODYKA POMIARÓW

Zestaw pomiarowy składał się z odbiornika GNSS Sokkia GRX1 oraz kontrolera SHC 250. W kontrolerze wykorzystano oprogramowanie *Spectrum Survey Field*, umożliwiające obliczenie współrzędnych sytuacyjnych i wysokości punktu niedostępnego. Pomiar GNSS wykonano w nawiązaniu do sieci ASG EUPOS z wykorzystaniem poprawek sieciowych serwisu NAWGEO.

Drugą częścią zestawu był dalmierz laserowy TruPulse 360B, o deklarowanej przez producenta dokładności pomiaru: azymutu  $\pm 1^\circ$ , pochylenia (kąta pionowego)  $\pm 0.25^\circ$  oraz odległości 0.30 m lub 1.00 m (w zależności od właściwości odbijających obiektu). Odbiornik GNSS oraz dalmierz montowano na tyczce. W przypadku dalmierza konieczne było dorobienie uchwytu obrotowego ze stali amagnetycznej, co było podyktowane wrażliwością na zwykłą stal kompasu elektronicznego (wytwarzanie pola magnetycznego). Dodatkowo, w celu stabilizacji zestawu, wykorzystano bipod (dwójnóg). Zestaw w takiej konfiguracji charakteryzował się dużą mobilnością, co umożliwiało pomiar jednoosobowy. W trakcie realizacji pomiarów również wykorzystywano dodatkowo tarczę celowniczą na tyczce, która umożliwiała dowiązanie się do punktów pomierzonych techniką GNSS w celu eliminacji dewiacji kompasu. W tej konfiguracji pomiar wykonywały dwie osoby. Zestaw został zilustrowany na Rys. 1.



Rys. 1. Zestaw pomiarowy GPS/RTK Sokkia GRX-1 – dalmierz laserowy TruPulse 360B

Zestaw umożliwił pomiar punktów na budynkach w obszarach o luźnej zabudowie, na których uzyskiwano wymaganą dokładność pomiaru GNSS oraz możliwość pomiaru punktów charakterystycznych budynku. W obszarze portowym nie odnotowano większych problemów z wyborem stanowisk pomiarowych oraz wykonaniem pomiarów.

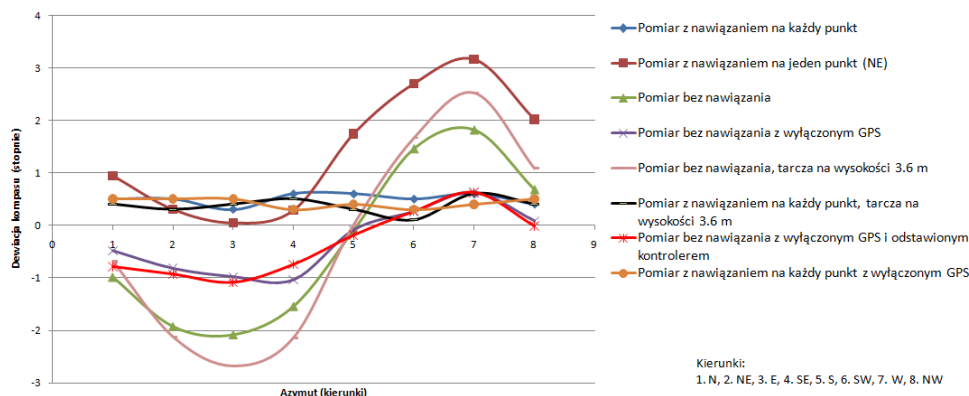
### **3. POMIARY I WYNIKI BADAŃ**

Odbiornik GPS Sokkia GRX-1, wchodzący w skład zestawu pomiarowego, pozwalał na osiągnięcie zakładanych dokładności sytuacyjnych 0,03 m oraz wysokościowych 0,05 m. W przypadku dalmierza TruPulse 360B, praktyczna dokładność pomiaru wynosiła 0.30 m nawet do odległości 230–240 m. Same budynki objęte pomiarami zwykle nie znajdowały się w większej odległości od stanowiska pomiarowego niż 60 m. Informacja

o osiągnięciu zakładanej dokładności pomiaru była dostępna bezpośrednio po pomiarze w lunecie dalmierza. Uzyskanie podanej dokładności azymutu wymagało dodatkowo wprowadzenia do dalmierza aktualnej deklinacji.

Podczas pomiarów testowych stwierdzono zgodność dokładności pomiarów odległości i kąta pionowego z dokładnością podaną przez producenta: pomiar odległości – 0.30 m, pomiar kąta pionowego 0.25°. Problem wystąpił z pomiarem azymutu kompasem elektronicznym zintegrowanym z dalmierzem. Na podstawie badań stwierdzono, że na obszarach zurbanizowanych oraz portowych duży wpływ na pracę kompasu ma występujące tam pole elektromagnetyczne i magnetyczne. Zidentyfikowane źródła pola elektromagnetycznego to uzbrojenie terenu, napowietrzne linie wysokiego napięcia, duże elementy metalowe oraz trafostacje (stacje transformatorowe). Wpływ tego pola w niektórych przypadkach był bardzo duży, co uwidaczniało się w zwiększeniu wartości dewiacji nawet o  $\pm 15^\circ$ – $20^\circ$ .

Z tego względu, że pole elektromagnetyczne ma zróżnicowany wpływ na dewiację kompasu, podczas pomiarów stosowano również dowiązanie do punktów wyznaczonych techniką GPS/RTK, co z kolei umożliwiało programowe obliczenie w kontrolerze SHC 250 poprawki na azymut (deklinacji oraz dewiacji kompasu lub w przypadku wpisanej do kompasu deklinacji – samej dewiacji kompasu). Druga metoda umożliwiła wyznaczenie azymutu, ale z dokładnością dochodząca do  $2^\circ$ . W związku z powyższym przeprowadzono bardziej szczegółowe badania na pomiarowym poligonie testowym. Poligon pomiarowy składał się ze stanowiska pomiarowego oraz radialnie rozmieszczonych stabilizowanych punktów. Odległość punktów od stanowiska pomiarowego wynosiła 7 m, natomiast kątowno punkty były oddalone od siebie co  $45^\circ$ . Punkty były zbieżne z głównymi kierunkami geograficznymi, tj. południe (S), północ (N), wschód (E), zachód (W), północny wschód (NE), północny zachód (NW), południowy wschód (SE), południowy zachód (SW). Różnica pomiędzy kierunkami w poligonie testowym a głównymi kierunkami geograficznymi wynosiła ok.  $8^\circ$ . Wszystkie punkty wyznaczono tachimetrem Trimble M3 z możliwością pomiaru bezlustrowego. Pomiarów dokonywano na tarczę celowniczą, znajdującą się na wysokości 1.80 m lub 3.60 m, w zależności od wariantu pomiaru. Na Rys. 2 zamieszczono wykres ilustrujący wartości dewiacji kompasu w różnych konfiguracjach użytkownika zestawu.



Rys. 2. Zmiany dewiacji kompasu elektronicznego dalmierza TruPulse 360B w zależności od rozważanych kierunków geograficznych

Analizując powyższy wykres można stwierdzić, że:

- Dewiacja kompasu zmienia się nieliniowo, osiągając maksymalne wartości na kierunkach wschodnich (E) i zachodnich (W), natomiast najmniejsze na kierunkach północnych (N) i południowych (S)
- Włączony odbiornik zwiększa dewiację kompasu, w analizowanym przypadku nawet o ok.  $1^\circ$
- Pomiar z nawiązaniem na jeden punkt powoduje wprowadzenie stałej poprawki, co oprócz zmniejszenia dewiacji na kierunkach zbliżonych do kierunku nawiązania może znacznie zwiększyć wartość dewiacji na kierunkach bardziej oddalonych. Na przykład, w analizowanym przypadku, po nawiązaniu do punktu na kierunku E zmniejsza się dewiacja na kierunkach NE i SE, natomiast znacznie wzrasta na kierunkach SW, W, NW
- Przy włączonym odbiorniku GPS dewiacja może się zwiększyć wraz ze wzrostem kąta pionowego
- Pomiar z wyłączonym odbiornikiem umożliwia osiągnięcie zakładanego błędu pomiaru w granicach  $\pm 1^\circ$
- Nawiązanie na każdy punkt, zgodny z kierunkiem pomiaru, pozwala na zmniejszenie dewiacji do wartości ok.  $0.5^\circ$ .

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że najlepszą (w aspekcie praktycznym) metodą pomiaru jest nawiązanie na wyznaczone punkty. Jeden z punktów powinien znajdować się pomiędzy obiektem mierzonym a stanowiskiem pomiarowym (najlepiej w linii symetrycznej obiektu – stanowisko pomiarowe), co poprzez wprowadzenie poprawki na azymut minimalizuje wartość dewiacji. Podczas pomiaru rekomendowane jest nawiązanie do azymutu wyznaczonego na podstawie dwóch punktów (RTK) oraz pomiar przy wyłączonym odbiorniku GPS. Poziomy kąt pomiaru nie powinien przekraczać  $45^\circ$  (w lewą i prawą stronę) od kierunku nawiązania, ze względu na nieliniową charakterystykę dewiacji kompasu.

Niemniej jednak zróżnicowany wpływ pola elektromagnetycznego nie gwarantuje zawsze uzyskania błędu azymutu na poziomie  $0.5^\circ$ , ponieważ trudno w bieżącym obszarze pomiarów ocenić wielkość oddziaływania zewnętrznego pola magnetycznego i jego końcowy wpływ na dewiację kompasu elektronicznego. W związku z powyższym, jedyną metodą kompensacji dewiacji kompasu jest dopasowanie punktów pomiarowych do obrysu budynku, w tym punktów załamania obrysu. Można to zrealizować podczas opracowania pomiarów, poprzez obrót względem stanowiska pomiarowego pomierzonego zbioru punktów. Metodę tą zweryfikowano poprzez obliczenie błędu średniego pozycji punktów względem punktów wyznaczonych tachimetrem elektronicznym Trimble M3, cechującym się odchyleniem standardowym pomiaru kąta  $2''$  ( $5^{\text{cc}}$ ) oraz dokładnością pomiaru odległości  $\pm 2/3 + 2 \text{ ppm} \cdot D$ . W celu wyznaczenia tych punktów założono osnowę pomiarową (ciąg sytuacyjny, stanowiska GPS) oraz określono ich wysokości w nawiązaniu do punktów osnowy wysokościowej, metodą niwelacji technicznej. Osnowę pomiarową założono w układzie lokalnym miasta Szczecina oraz układzie P UWG 2000, zaś wysokości określono w systemie wysokości Amsterdam. W celu doprowadzenia do jednolitego układu współrzędnych wykonano transformację punktów osnowy z układu współrzędnych lokalnych miasta Szczecina do układu współrzędnych P UWG 2000. Obliczenia wykonano programem Winkalk 3.8 firmy Coder z wykorzystaniem parametrów transformacji pomiędzy układem lokalnym a 1965 zapisanych w plikach programu Geonet firmy AlgoRes-Soft oraz korekt globalnych zapisa-

nych w programie Winkalk. Transformację wykonano dwuetapowo, poprzez przejście z układu lokalnego na układ PUWG 1965 (strefa 3), a następnie z układu 1965 (strefa 3) do układu PUWG 2000 z wykorzystaniem korekt globalnych.

Współrzędne elementów obrysu budynku obliczono w układzie PUWG 2000 z wykorzystaniem obserwacji tachimetrycznych. Dla mierzonych obiektów dokładności wyznaczenia elementów budynku metodą tachimetryczną, przy założeniu bezbłędności punktów nawiązania nie przekraczają 1 cm.

Na podstawie pomierzonych tachimetrem punktów charakterystycznych budynku obliczono błąd dla 56 punktów pomierzonych zestawem GPS/RTK-TruPulse 360B. Zestawem wykonano trzy serie pomiarowe: metodą z włączonym odbiornikiem GPS z nawiązaniem i bez nawiązania do dwóch punktów wyznaczonych techniką RTK/GPS, oraz z wyłączonym odbiornikiem z nawiązaniem. Największa odległość do punktu ze stanowiska pomiarowego wynosiła 43.22 m. Błędy zamieszczono w tabeli 1.

Tab. 1. Wartości błędów obliczone przed dopasowaniem punktów do obrysu budynku oraz po dopasowaniu punktów

	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Średnia	Odchylenie standardowe
Błędy przed dopasowaniem punktów do obrysu	0.10 m	1.63 m	0.85 m	0.35 m
Błędy po dopasowaniu punktów do obrysu	0.08 m	0.61 m	0.34 m	0.13 m

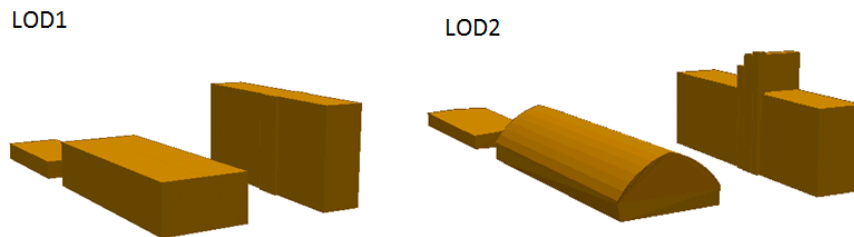
Jak można zauważyć, stosując metodę polegającą na dopasowaniu punktów pomiarowych do budynku, w tym punktów jego załamania, można efektywnie zmniejszyć błąd pomiaru spowodowany głównie dewiacją kompasu. Rozważając punkt najdalej oddalony, uzyskanemu średniemu błędowi sytuacyjnemu (0.34 m) odpowiada błąd pomiaru azymutu na poziomie  $0.4^\circ$ . W tym przypadku nie jest już tak istotne nawiązywanie się na punkty, ponieważ dostosowanie punktów następuje na podstawie wpasowania w obrys budynku. Daje to również możliwość jednoosobowej obsługi zestawu.

#### 4. OPRACOWANIE MODELI BUDYNKÓW ICH APLIKACYJNOŚĆ W ANALIZACH WIDOCZNOŚCI

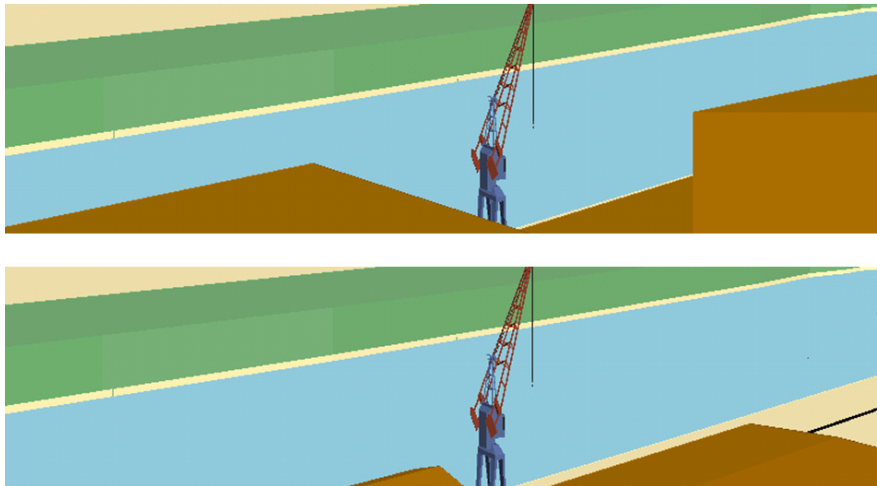
Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że korzystając z powyższego zestawu można opracować budynki o poziomie szczegółowości LOD1 oraz LOD2 (Rys. 4). Jak można zauważyć na podstawie wyników badań, opracowane modele charakteryzują się wysoką dokładnością opracowania jak na postawione wymagania odnośnie poziomów szczegółowości zawarte w standardzie CityGML (Groger et al. 2008). Według niego, dla modelu LOD1 absolutna dokładność punktu 3D wynosi 5 m, natomiast dla modelu LOD2 – 2 m.

Jak już wcześniej wspomniano, cel opracowania modeli budynków związany jest z przeprowadzaniem analiz przestrzennych dla potrzeb optymalizacji rozmieszczenia sensorów obserwacyjnych na śródlądowych drogach wodnych. Konieczność opracowania modeli o poziomie szczegółowości LOD2 związana jest z występowaniem części wysokich budynków blisko nabrzeży, poprzez co nie uwzględnienie pełnego kształtu budynku może

znacznie wpłynąć na wynik analiz widoczności. Uprozczone modele LOD1 niestety w niektórych przypadkach mogą wprowadzać nierealne przesłonięcia obserwacji powierzchni akwenu, co może być przyczyną błędnego wnioskowania. Przykład oceny widoczności z wykorzystaniem mapy 3D akwenu dla budynków o poziomie szczegółowości LOD1 i LOD2 przedstawiono na Rys. 5 (budynki te zilustrowano również na Rys. 4). Jak można zauważyć, model LOD2 umożliwia bardziej realną ocenę widoczności, co uwidacznia się w możliwości obserwacji większej części akwenu z lokalizacji sensora znajdującej się na najwyższym budynku.



Rys. 4. Opracowane modele budynków w wersji LOD1 oraz LOD2 z wykorzystaniem zestawu GPS/RTK – TruPulse 360B



Rys. 5. Porównanie analiz widoczności z wykorzystaniem mapy 3D akwenu dla budynków o poziomie szczegółowości LOD1 (górny rysunek) i LOD2 (dolny rysunek)

Efektom tego jest prawidłowy dobór pozycji sensora obserwacyjnego, a więc pozycji i wysokości radaru bądź kamery CCTV. W przypadku powiększenia obszaru obserwacji z wykorzystaniem modelu LOD1 należało by zwiększyć wysokość jego platformy (np. masztu) lub skorygować pozycję, co w rzeczywistości było by zbędne.

## **5. PODSUMOWANIE**

Wykorzystywany zestaw pomiarowy nie pozwala na obszarach zurbanizowanych na przeprowadzenie autonomicznych pomiarów, czego przyczyną jest występowanie wielu źródeł pola elektromagnetycznego i magnetycznego, zwiększającego dewiację kompasu. Stąd zaistniała konieczność zastosowania transformacji punktów (obrót) w nawiązaniu do obrysów budynków. Uzyskana dokładność opracowania jest wystarczająca do przeprowadzenia analiz przestrzennych i umożliwia pozyskanie danych dla potrzeb realizacji projektów GIS o mniejszym zakresie opracowania, dla których pozyskanie danych metodami współczesnej teledetekcji i fotogrametrii bywa często nieekonomiczne. Otrzymane wyniki zachęcają również do opracowania metod automatyzujących korygowanie dewiacji kompasu, co może przełożyć się na zwiększenie efektywności tej metody w aspekcie opracowywania modeli budynków.

Korzystając z zestawu, można opracować modele budynków istotne dla przeprowadzenia analiz widoczności wymagających poziomu szczegółowości LOD2. Biorąc pod uwagę charakter analiz związanych z planowaniem przestrzennym lokalizacji radarów i kamer CCTV, ilość tych budynków można zredukować do wymaganej liczby, co zmniejsza czasochłonność opracowania związanego z przeprowadzeniem dodatkowych pomiarów i opracowaniem modeli 3D. Można tego dokonać na podstawie wizualnej oceny przesłoneń akwenu przez budynki o poziomie szczegółowości LOD1 i zakwalifikować je do opracowania modeli LOD2.

## **6. LITERATURA**

Borowiec N., 2010. Budowa modelu budynku na podstawie danych z ewidencji gruntów i budynków oraz z lotniczego skaningu laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, s. 43–52.

Gröger G., Kolbe T.H., Czerwinski A., Nagel C. (2008), *OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*, OGC 08-007r1, Version: 1.0.0.

Łubczonek J., 2007. Location of radar stations based on viewshed analysis, *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 16, No 6B, Olsztyn.

Łubczonek J., 2008, Application of GIS technique in VTS radar stations planning, *Proceedings of International Radar Symposium IRS 2008*, A. Kawalec, P. Kaniewski Eds. (CD edition).

Stateczny A., Łubczonek J., 2009, Aspects of spatial planning of radar sensor network for inland waterways surveillance, *Proceedings of the 6th European Radar Conference, Rome*, pp. 501–504.

Urszula Cisło-Lesicka., 2010. Pozyskiwanie informacji 3D o budynkach dla potrzeb trójwymiarowej wielorozdzielczej bazy topograficznej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, s. 63–73.



## **APPLICATION OF GPS/RTK – TRUPULSE 360B MEASUREMENT SET FOR 3D BUILDING MODELLING**

KEY WORDS: 3D building modeling, GIS, spatial analysis

SUMMARY: Current technologies of data acquisition enable the development of high-quality three-dimensional models of various objects, including buildings. These include various methods of laser scanning, photogrammetric techniques or traditional ground-based measurement methods. Then level of detail of elaborated models depends on the aim, which translates to a large extent on the choice of an appropriate method. In the case of large area elaborations dominate the latest technologies such as airborne laser scanning and digital photogrammetry. Due to the range of elaborations these methods are also economically justified. In case of need to obtain and develop data for projects involving smaller range are used ground-based data acquisition methods such as laser scanning, total station measurements or GPS / RTK (*Global Positioning System/Real Time Kinematic*) techniques.

One of the basic objectives of the building elaboration is determination of their accuracy and level of detail, which is associated with the selection of an appropriate set of measurement. Heaving the continuous development of market instruments, this article assesses the possibility of using a set of measuring GPS / RTK and TruPulse 360B laser rangefinder for buildings modeling. Using this measurement set was associated with the development of models of buildings, which as one of the elements of land cover, were used for spatial analysis using three-dimensional maps to plan the location of observation sensors on inland waterways in the port of Szczecin.

dr inż. Jacek Łubczonek  
e-mail: j.lubczonek@am.szczecin.pl

mgr inż. K. Beczkowski  
e-mail: k.beczowski@am.szczecin.pl