

**WYKORZYSTANIE NAZIEMNEGO SKANINGU LASEROWEGO  
DO INWENTARYZACJI POMIESZCZEŃ BIUROWYCH**

**UTILIZATION OF TERRESTRIAL LASER SCANNING FOR OFFICE INVENTORY**

**Bartłomiej Kraszewski**

Instytut Geodezji i Kartografii, Zakład Fotogrametrii

**SŁOWA KLUCZOWE:** naziemny skaningu laserowego, modelowanie 3D, inwentaryzacja, fotogrametria bliskiego zasięgu, analiza dokładności

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawione zostały aspekty budowy przestrzennego modelu pomieszczeń na podstawie danych z naziemnego fazowego skanera laserowego. Zakres prac obejmował pozyskanie i połączenie danych skanerowych, a następnie opracowanie na ich podstawie modelu 3D wewnątrz. Jako obiekt testowy wykorzystano pomieszczenia Zakładu Fotogrametrii Instytutu Geodezji i Kartografii. W wyniku porównania parametrów skanowania stwierdzono, że można wykonać skan jednego stanowiska z zachowaniem odpowiedniej rozdzielczości w czasie poniżej 4 minut. Połączenie pojedynczych skanów wykonano z wykorzystaniem kul i tarcz referencyjnych z dokładnością na poziomie 2 mm. Modelowanie pozyskanych danych przeprowadzono w środowisku oprogramowania MicroStation. W procesie modelowania wykorzystano możliwość dowolnego obracania chmury punktów oraz definiowania pomocniczego układu współrzędnych AccuDraw. W czasie odtwarzania kształtów elementów pomieszczenia stwierdzono również, że do określenia wielkości, niektórych nie zarejestrowanych elementów (np. usuniętych w czasie filtracji w skutek błędnego określenia ich położenia) wykorzystać można przecięcie płaszczyzn prostopadłych do już istniejących z linią poprowadzoną między punktami sąsiadującymi z usuniętymi, a danym położeniem skanera. W większości przypadków pomieszczenia biurowe ze względu na swoją prostotę można zamodelować wykorzystując rzut poziomy (do modelowania kształtu pomieszczeń i elementów infrastruktury się w nim znajdujących) oraz rzuty pionowe chmury punktów (do nadania wysokości odwzorowywanym obiektom). Na podstawie wykonanego testowego opracowania stwierdzono, że przy pomocy danych z skanera laserowego można w szybki sposób odtworzyć z odpowiednią szczegółowością sytuację wewnętrzną budynków z dokładnością  $\pm 6$  mm.

## **1. WSTĘP**

Szybkość pozyskiwania danych przestrzennych jest dzisiaj jedną z ważnych cech charakteryzujących współczesne fotogrametryczne systemy pomiarowe. Klęski żywiołowe, wszechobecne budowy czy zmiana położenia elementów w pomieszczeniu bezpowrotnie modyfikują otaczającą nas przestrzeń. Potrzebna jest zatem ciągła rejestracja i aktualizacja danych obrazujących te zmiany. Możliwości rejestracji dużej ilości danych w szybkim czasie daje obecnie technologia naziemnego skaningu laserowego. W zależności od rodzaju obiektu, na jakim wykonywany jest pomiar, można użyć skanera impulsowego (większy

zasięg, ale mniejsza szybkość skanowania) lub fazowego (mniejszy zasięg, ale większa szybkość skanowania).

Obecnie naziemny skaning laserowy znajduje zastosowanie w wielu różnych dziedzinach inżynierii (Abmayr *et al.*, 2005). Stosowany jest z powodzeniem do inwentaryzacji zabytków (Kędzierski *et al.*, 2008), tworzeniu trójwymiarowych modeli miast, kontroli produktów, a także do bezinwazyjnej inspekcji obiektów inżynierskich (Kędzierski *et al.*, 2008). Rosnąca popularność tego źródła danych pozwala na jego wykorzystanie w tworzeniu kompleksowych przestrzennych modeli budynków administracji publicznej, biurowych lub prywatnych. Takie modele zintegrowane z bazą danych opisowych stanowią mogą narzędzie wspomagające pracę organów administracyjnych czy poprawiające bezpieczeństwo pracujących w nich ludzi.

W powyższym artykule przedstawiono metodykę opracowania przestrzennego modelu wnętrza budynku biurowego na podstawie danych z skaningu laserowego. Do inwentaryzacji pomieszczeń biurowych wykorzystano naziemny skaner fazowy. Wybór skanera wynikał z charakteru opracowywanych pomieszczeniach, gdzie odległości od urządzenia pomiarowego były mniejsze od 20 m. Jednocześnie urządzenie fazowe w porównaniu z impulsowym pozwala na szybsze pozyskanie danych, co skraca czas potrzebny na skanowanie całego interesującego nas obiektu. W pracy opisane zostały etapy doboru parametrów skanowania, stanowisk skanera i punktów dostosowania oraz modelowania pozyskanych danych. Wykonany model przestrzenny został poddany analizie dokładności z wykorzystaniem pomiarów bezpośrednich infrastruktury znajdującej się w odtwarzanych pomieszczeniach. Jako obiekt testowy wykorzystano fragment budynku Instytutu Geodezji i Kartografii zajmowaną przez Zakład Fotogrametrii. Skanowaniu podlegały wszystkie pomieszczenia zakładu, natomiast do modelowania wybrano tylko ich część. Odtworzeniu w szczególności podlegały elementy, dla których posiadano dane inwentaryzacyjne zawarte w dokumentacji Instytutu.

## 2. NAZIEMNY SKANER LASEROWY

Do opracowania użyto wypożyczonego od firmy Faro Technologies Polska Sp. z o.o. naziemnego skanera Faro Photon 120 charakteryzującego się:

- modułową budową pozwalającą na udoskonalenie skanera,
- zasięgiem od 0.6 do 153 metrów,
- szybkością pomiaru 122, 244, 488 i 976 tys. punktów na sekundę,
- czterema poziomami kompensacji szumów,
- błędem systematycznym pomiaru odległości  $\pm 2\text{mm}$  na 25m,
- zakresem skanowania  $360^\circ \times 320^\circ$ ,
- wewnętrznym dyskiem,
- wewnętrznym zasilaniem pozwalającym na sześć godzin pomiaru,
- zestawem do koloryzowania chmury punktów.

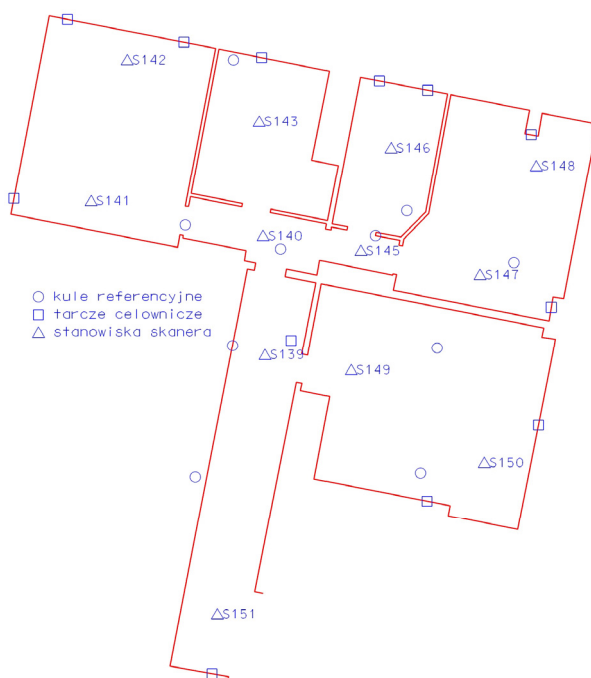
Fazowe skanery laserowe są narzędziem pomiarowym pozwalającym w krótkim czasie pozyskać duże ilości punktów 3D. Ze względu jednak na metodę pomiaru odległości (różnica faz) mają ograniczony zasięg. W przypadku pomiaru pomieszczeń biurowych punkty 3D pozyskiwane są maksymalnie do odległości 20 m, a więc wybór narzędzia pomiarowego wydaje się oczywisty. Jednocześnie na uwagę zasługuje możliwość zapisu danych na dysku wewnętrznym skanera. Ta funkcja urządzenia pozwalająca na jego

odłączenie od komputera sterującego po ustawieniu parametrów skanowania. Dzięki temu, skaner można w łatwy sposób przemieszczać między poszczególnymi stanowiskami. Po pomiarze wszystkich stanowisk i ponownym połączeniu z komputerem dane z dysku skanera przenoszone są na inny nośnik w celu dalszego opracowania.

W czasie pomiaru możliwe jest wykorzystanie dodatkowego zestawu pozwalającego na koloryzację pomierzonego zbioru punktów 3D. Zestaw ten składa się ze specjalnego uchwytu, w którym umieszcza się lustrzankę cyfrową firmy Canon. Pokolorowana chmura punktów lub wykonane zdjęcia pozwalają na lepszą interpretację zeskanowanych obiektów. Pozyskane zdjęcia cyfrowe można również wykorzystać w procesie tekstuowania zamodelowanych elementów.

### 3. SKANOWANIE

W wyniku analizy możliwości wykorzystanego do *postprocessingu* chmur punktów programu FARO Scene stwierdzono, że łączenie danych z poszczególnych stanowisk można wykonać na podstawie sygnalizowanych punktów dostosowania (kule i tarcze referencyjne), szczegółów sytuacyjnych lub też brył i płaszczyzn. Do łączenia chmur punktów testowych pomieszczeń wybrano metodę referencji na elementy sygnalizowane. Metoda ta jest najdokładniejsza i minimalizuje wpływ błędów związanych z wzajemnym dopasowaniem chmur punktów na dokładność modelowania.



Rys. 1. Rozmieszczenie stanowisk skanera i punktów dostosowania

Przed przystąpieniem do pomiaru pomieszczeń zaprojektowano rozmieszczenie stanowisk pomiarowych i punktów dostosowania niezbędnych do połączenia pojedynczych skanów. Punkty dostosowania rozmieszczono tak, aby widoczne były z jak największej liczby stanowisk. Dziesięć kul referencyjnych ustawiono na podłodze oraz przytwierdzono za pomocą magnesów do framug drzwi. Jedenaście tarcz w postaci szachownic powieszono na ścianach pomieszczeń. Z zaprojektowanych stanowisk skanowania widoczne były co najmniej 3 punkty referencyjne nieleżące w jednej linii. Na rysunku 1 przedstawiony został schemat rozmieszczenia stanowisk skanera oraz kul i tarcz.

Przed wykonaniem pomiaru pod uwagę wzięto również aspekt ekonomiczny związany z czasem, jaki trzeba poświęcić na wykonanie pojedynczego skanu, a w efekcie na pomiar całości obiektu. W tym celu w jednym z pomieszczeń przeprowadzono serię próbnych skanowań dla różnych rozdzielczości chmury punktów. Wielokrotny pomiar wykonano dla stałych ustawień kompensacji szumów. Próba ta miała na celu dobór rozdzielczości pozwalającej na odtworzenie wszystkich szczegółów znajdujących się w testowych wnętrzach. W wyniku przeprowadzonych próbnych skanowań dla wszystkich możliwych rozdzielczości skanera stwierdzono, że biorąc pod uwagę czas pełnego pomiaru, dokładność pojedynczego punktu chmury oraz szczegółowość obrazowanych obiektów punkty 3D należy pozyskiwać z rozdzielczością 10 000 linii / 360° (6 mm na 10 m) z szybkością 244 tys. punktów na sekundę. Tak dobrane parametry pozwoliły na pomiar w 3.5 minuty jednego pełnego stanowiska, a całości testowanego obiektu w ciągu 1 godziny. Jednocześnie przy tak dobranych parametrach pomiaru zachowano szczegółowość skanowania pozwalającą na odtworzenie wszystkich obiektów infrastruktury. Pomiar skanerem naziemnym dzięki zastosowaniu tak krótkiego czasu pozyskania danych z jednego stanowiska można było wykonywać bez znaczącej ingerencji w pracę pracowników instytutu.

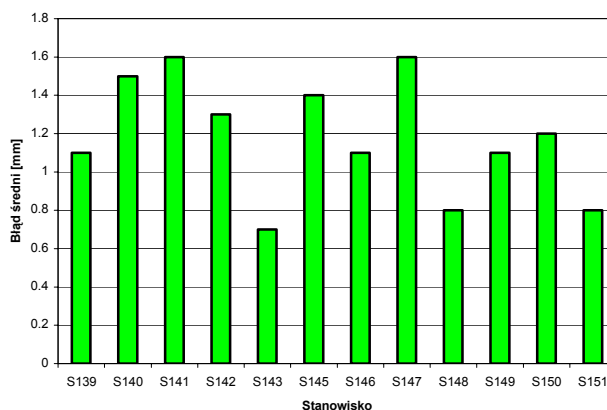
#### **4. POŁĄCZENIE SKANÓW**

W ramach badania na każdym z 12 stanowisk pozyskano chmurę punktów dla pełnego zakresu skanera. Dla trzech pomieszczeń o większej kubaturze wykonywano dodatkowo drugi skan uzupełniający.

Połączenie chmur punktów z poszczególnych stanowisk wykonano w oprogramowaniu FARO Scene 4.7. Identyfikacja punktów dostosowania na pojedynczych skanach odbywała się w sposób półautomatyczny. Polegała na wskazaniu przybliżonej lokalizacji punktów dostosowania przez operatora, a następnie wyznaczeniu przez program jego dokładnego położenia. Homologicznym punktem zarejestrowanym na różnych chmurach punktów nadano te same nazwy. Jako elementy referencyjne wykorzystano dostarczone ze skanerem sfery oraz tarcze w postaci szachownic, zapewniające najlepsze połączenie. Z każdego z zaprojektowanych stanowisk widoczne były, co najmniej trzy nieliniowo ułożone sygnały.

Na rysunku 2 przedstawione zostały błędy średnie połączenia chmur punktów zarejestrowanych na poszczególnych stanowiskach. Minimalny błąd nieprzekraczający wartości 1 mm został odnotowany na stanowiskach S143, S148 i S151. Dokładność połączenia chmur punktów na pozostałych stanowiskach wyniosła między 1.1÷1.6 mm. Przeciętna wartość błędu dla wszystkich wykonanych stanowisk wyniosła natomiast 1.2 mm. Osiągnięte błędy połączenia poszczególnych chmur punktów w jeden zbiór punktów 3D mają wartości poniżej błędu systematycznego wyznaczenia odległości wykorzystanego skanera.

Uzyskane błędy pozwalają na pomiar odległości między dowolnymi punktami połączonej chmury z dokładnością lepszą niż 2 mm.



Rys. 2. Błędy średnie połączenia chmur punktów

Pozyskane dane poddane zostały wstępnej filtracji błędnych obserwacji wynikających z rodzaju skanowanej powierzchni oraz kąta padania wiązki lasera.

## 5. MODELOWANIE 3D

Połączone chmury punktów posłużyły do stworzenia przestrzennego modelu pomieszczeń Zakładu Fotogrametrii IGiK. Przy modelowaniu ograniczono się do dwóch pomieszczeń o największej i najmniejszej kubaturze oraz do łączącego je korytarza. Wykorzystano zbiory danych pozyskane na stanowiskach S139, S140, S145, S146, S149, S150, S151. Proces modelowania wykonano w środowisku programu Faro SCENE i MicroStation V8i SELECTSeries2.

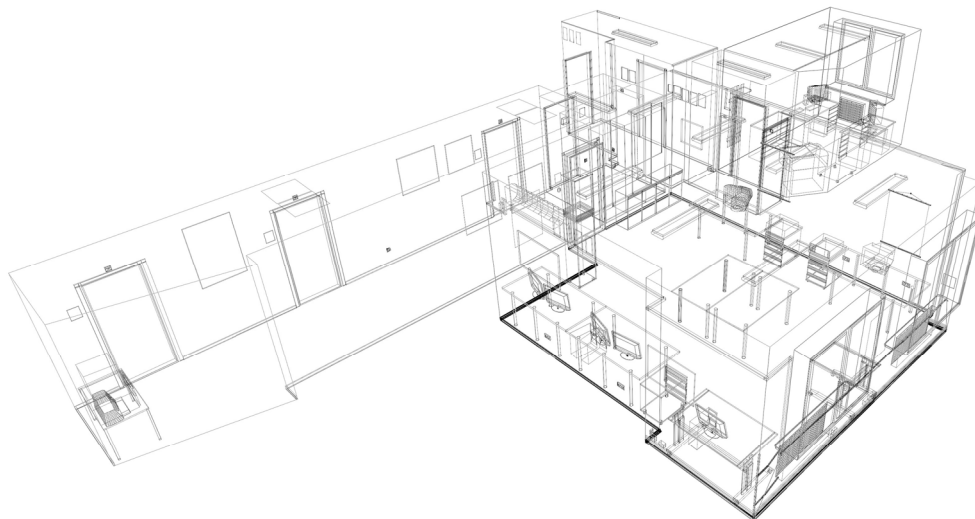
Modelowaniu podlegały ściany, meble, infrastruktura teleinformatyczna, ciepłownicza i elektryczna. Modelowane pomieszczenia i ich infrastruktura w większości przypadków charakteryzowały się prostą budową przestrzenną. Do elementów o trudniejszej budowie należały monitory oraz komputery. Opracowany model ma posłużyć jako przykład narzędzia pomocnego w administrowaniu budynkiem firmy. Przyjęto, że do takiego zastosowania większość elementów zostanie zamodelowanych z wykorzystaniem brył prostych. Do odtworzenia szczegółów poszczególnych elementów potrzebne byłoby dłuższe i dokładniejsze skanowanie, a co za tym idzie zwiększenie nakładów pracy związanej z pozyskaniem i opracowaniem danych.

Tworzenie modelu szkieletowego pomieszczeń testowych rozpoczęto od zapoznania się z zakresem pozyskanych danych skanerowych. W czasie analizy stwierdzono, że większość punktów znajdujących się na czarnych powierzchniach została błędnie zarejestrowana i usunięta w procesie filtracji. Tego efektu nie można wyeliminować ze względu na pomiar punktów chmury metodą fazową. Sposób rozwiązania tego problemu zostanie opisany w dalszej części artykułu.

Biorąc pod uwagę charakter pozyskanych danych oraz ich zastosowanie, model należy uprościć, ale jednocześnie dążyć do odtworzenia ważnych szczegółów poprawiających identyfikację obiektów (np. meble).

Pracę rozpoczęto od modelowania ścian pomieszczeń. W rzucie poziomym chmury punktów wyrysowano ich obrys, a następnie wykorzystując rzuty pionowe nadano im odpowiednią wysokość. Taka metodyka odtworzenia pozwoliła uśrednić położenie istniejących ścian, które w wielu przypadkach nie były jednolitymi płaszczyznami. Taką metodę modelowania zastosowano także do innych elementów wnętrza jak wnęki, drzwi, meble.

Obiekty nieodtworzone z wykorzystaniem rzutów poziomych i pionowych zamodelowano używając metod segmentacji chmury punktów pozwalającej na wygenerowanie płaszczyzn w programie Faro SCENE. Płaszczyzny te posłużyły do orientacji pomocniczego układu współrzędnych AccuDraw umożliwiającego kreślenie różnych kształtów w danej płaszczyźnie. W ten sposób możliwe było wykonanie profili, które poprzez ortogonalne przeciągnięcie tworzyły odrębne obiekty (np. oświetlenie), czy też były częścią obiektu stworzonego z pojedynczych powierzchni. Powierzchnie uzyskane z segmentacji posłużyły również do znalezienia krawędzi obiektów stanowiących ich przecięcie. Układ pomocniczy wykorzystano także do modelowania obiektów znajdujących się na już istniejących płaszczyznach. Dzięki jego zastosowaniu w prosty sposób można było odtworzyć tabliczki, mapy, gniazdko, włączniki, czy instalacje umieszczone na ścianach.



Rys. 3. Model szkieletowy modelowanych pomieszczeń

Stanowiska skanowania dobrano tak, aby zminimalizować liczbę martwych obszarów. Punkty chmury dla niektórych elementów nie zostały jednak pomierzone lub pozyskano je fragmentarycznie. W większości przypadków spowodowane to było położeniem obiektów za polem widzenia skanera. Obiekty, dla których brak było dostatecznej ilości danych odtworzono z istniejących zamodelowanych obiektów poprzez kopiowanie i odpowiednią

orientację. Część infrastruktury zamodelowaną fragmentarycznie uzupełniono o niewidoczną część z wykorzystaniem odbicia lustrzanego istniejącej części.

Część błędnie wyznaczonych punktów chmury została usunięta w czasie filtracji. Jednocześnie konieczne było znalezienie metody pozwalającej na odtworzenie elementów, na których punkty 3D zostały błędnie pomierzone. Do tego celu wykorzystano płaszczyzny prostopadłe do już zamodelowanych, które przecięte zostały odcinkami łączącymi punkty chmury sąsiadujące z usuniętymi i danym położeniem skanera. Takie rozwiązanie należało przyjąć dla obiektów, które wykonano z czarnego tworzywa. Dla obiektów tych możliwe było wykorzystanie punktów chmury zarejestrowanych na zlokalizowanej za nimi ścianie. Filtracja błędnych punktów chmury nastąpiła również na powierzchni nóg stołu. Odtworzenie kształtu ich podstawy umożliwiły punkty 3D zarejestrowane w ich otoczeniu na podłodze pomieszczeń.

Rury ciepłownicze i systemu klimatyzacji odtworzono poprzez wyznaczenie środków ich przekrojów oraz średnic. Wykorzystując narzędzie przeciągania profilu wzdłuż zadanej krzywej stworzono również ich modele.

Na podstawie przyjętej metodologii postępowania powstał wektorowy model szkieletowy pomieszczeń testowych (Rys. 3). Na jego bazie wygenerowano płaszczyzny, powierzchnię oraz bryły. Pojedyncze powierzchnie i bryły zgrupowano w obiekty oraz nadano im barwę zbliżoną do rzeczywistej. Przy wyborze koloru obiektu pomocne były wykonane w czasie skanowania zdjęcia. Odczytana została z nich uśredniona wartość RGB dla poszczególnych obiektów. Na modelach umieszczono wszystkie elementy, jakie znalazły się na zeskanowanych chmurach punktów. Część elementów nie mogła zostać zamodelowana, gdyż znajdowały się w miejscach niewidocznych lub też przysłonięte zostały przez inne obiekty. Pomiar obiektów niezamodelowanych możliwy był tylko przy pomocy pomiaru bezpośredniego w terenie. W wyniku przeprowadzonych prac zamodelowane zostało 90% elementów znajdujących się we wnętrzach. Pozyskanie modelu szkieletowego jednego pomieszczenia zajęło trzy dni pracy. Czasochłonność wynikała z kształtu i ilości elementów znajdujących się w pomieszczeniu.

## **6. ANALIZA DOKŁADNOŚCI**

Sprawdzenie dokładności modeli 3D utworzonych na podstawie danych z naziemnego skaningu laserowego, przeprowadza się najczęściej:

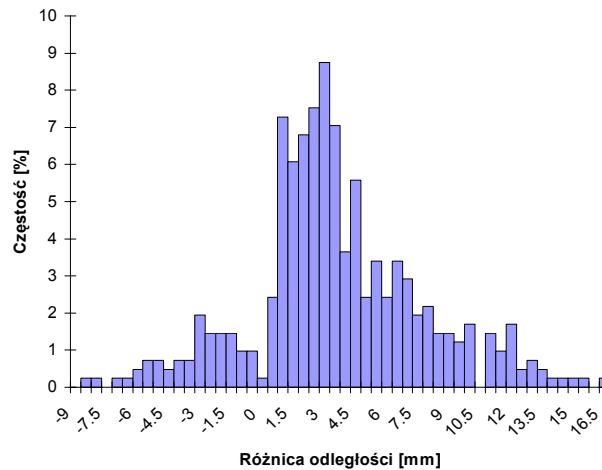
- wykorzystując terenowe pomiary kontrolne np. współrzędne szczegółów sytuacyjnych lub długości odcinków. Stosując do kontroli punkty o znanych współrzędnych możemy określić dokładność bezwzględną modelu, natomiast odcinki kontrolne służą do określenia dokładności wzajemnej elementów modelu (Menna, 2010),
- wykorzystując do wzajemnego porównania modele 3D wykonane na podstawie innych danych źródłowych, np. danych fotogrametrycznych lub dokumentacji budowlanej (Zawieska, 2010; Borowiecki, 2006).

Kontrolę dokładności powstałych modeli przeprowadzono na podstawie porównania miar kontrolnych. Przyjęta metoda umożliwiła zbadanie wzajemnego położenia elementów modelu. Wybór sposobu kontroli wynikał z wykonania opracowania w układzie lokalnym niepowiązanym w żaden sposób z stosowanymi układami państwowymi.

Tab.1. Błędy średnie względnego położenia poszczególnych elementów pomieszczeń

Elementy	Liczba pomiarów	RMSE [mm]
Ściany	110	5.0
Wysokość pomieszczeń	26	7.0
Meble	114	5.0
Infrastruktura informatyczna	61	7.5
Inne	49	6.0
Cały model	360	6.0

Na błąd modelu składały się błędy pozyskania danych, łączenia chmur punktów i modelowania. Błąd średni obliczono na podstawie 360 różnic odcinków pomierzonych w pomieszczeniach i na modelach przestrzennych. Pomiar odcinków kontrolnych w pomieszczeniach testowych przeprowadzono z wykorzystaniem miarki I klasy dokładności SOLA BIGT oraz ręcznego dalmierza laserowego BOSCH GLM 150. Pomiar odcinków wykonano z dokładnością  $\pm 0.5$  mm. W tabeli 1 zamieszczono dokładności względnego położenia poszczególnych elementów modelu.



Rys. 4. Histogram częstości różnic

Na podstawie analizy błędów (tabela 1) należy stwierdzić, że najdokładniej odtworzone zostały proste elementy takie jak ściany, czy meble. Przedmioty te charakteryzują się nieskomplikowaną budową złożoną z paru prostych brył lub płaszczyzn. Infrastruktura informatyczna została odtworzona z najniższą dokładnością. Wpływ na to miał skomplikowany kształt tych przedmiotów, który w dużym stopniu uproszczono do prostych linii lub łuków. Obiekty te w większości przypadków wytworzone były z materiału, który uniemożliwiał prawidłowy pomiar punktów chmury. Powodowało to konieczność zastosowania mniej dokładnej metody odtworzenia, powodującej nieznaczne wydłużenie lub skrócenie rzeczywistej odległości (metoda przecięcia linii z płaszczyzną prostopadłą). Dokładność względnego położenia modelowanych obiektów wyniosła  $\pm 6.0$  mm.

Na rysunku 4 zestawiono w formie histogramu uzyskane różnice odcinków kontrolnych. Na podstawie analizy tego histogramu stwierdzono, że wartość średnia uzyskanych



różnic wyniosła 3.0 mm. Odchylenie standardowe średniej wyniosło 4 mm. Stwierdzono również, że:

- 71,8% różnic zawiera się w zakresie wartości jednego odchylenia standardowego,
- 93,0% różnic zawiera się w zakresie dwóch odchylenia standardowych,
- 99,8% różnic zawiera się w zakresie trzech odchylenia standardowych.

Na rysunku 4 widoczne jest przesunięcie środka histogramu w stronę różnic o wartościach dodatnich, co oznacza że mierzone na modelu odcinki w większości przypadków były krótsze od tych pomierzonych w pomieszczeniach testowych. Spowodowane jest to faktem, że większość obiektów w pomieszczeniach nie ma idealnych krawędzi, tylko są one zaokrąglone.

## **7. PODSUMOWANIE**

Skaner fazowy ze względu na mały zasięg i dużą szybkość pozyskiwania chmur punktów idealnie nadaje się do modelowania budynków biurowych. Przy jego zastosowaniu możliwe jest zeskanowanie z odpowiednią szczegółowością jednego pełnego stanowiska w krótkim czasie nie ingerując w pracę firmy.

W celu zminimalizowania błędów związanych z połączeniem pojedynczych chmur punktów do dopasowania należy wykorzystać kule i tarcze celownicze. Dokładność połączenia przy ich wykorzystaniu jest lepsza niż 2 mm.

Oprogramowanie CAD dysponuje pełnym zakresem narzędzi potrzebnych do modelowania 3D. Korzystając z zaproponowanych metod tworzony jest uproszczony model wnętrza zawierający pełną informację o kształcie pomieszczeń i elementów infrastruktury się w nich znajdujących. Przy zastosowaniu zaproponowanych metod modelowania z danych naziemnego skaningu laserowego uzyskujemy model 3D wnętrza dla którego dokładność względnego położenia modelowanych obiektów wyniosła  $\pm 6.0$  mm.

Powstające obecnie przestrzenne modele polskich miast w przyszłości mogą zostać uzupełnione o modele znajdujących się w nich pomieszczeń. Kompleksowe modele budynków mogą wspomagać organy administrujące w obsłudze technicznej budynku i zapewnieniu bezpieczeństwa pracujących w nich ludzi. Dostęp do tego typu danych pozwoli także w szybki sposób koordynować akcje ratunkowe lub antyterrorystyczne

Stworzone modele można uzupełnić o teksturę poprawiającą realizm odtworzonych obiektów. Dodatkowa informacja obrazowa pozwala wykorzystać powstały model do tworzenia wirtualnych przewodników.

## **8. LITERATURA**

Abmayr T., Hartl F., Reinkoster M., Frohlich C., 2005, Terrestrial Laser Scanning – Applications in Cultural Heritage Conservation and Civil Engineering, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol. XXXVI, Part 5/W17.

Borowiecki I., 2006. *Zastosowanie lotniczego skaningu laserowego dla celów opracowania NMT (ocena dokładności pomiarów lidarowych)*, <http://geogis.com.pl/download/lidar-nmt.pdf>

Kędzierski M., Walczykowski P., Fryškowska J., 2008. Naziemny skaningu laserowego drogowych obiektów inżynierskich. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 18a, s. 211–220.

Kędzierski M., Walczykowski P., Fryškowska J., 2008. Wybrane aspekty opracowania dokumentacji architektonicznej obiektów zabytkowych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 18a, s. 221–230.

Menna F., Troisi S., 2010. *Low Cost Reverse Engineering Techniques For 3D Modelling of Propellers*. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII, Part 5, s. 452–457.

Zawieska D., Klimkowska A., 2010. Analiza dokładności kształtu modelu elementu przemysłowego pozyskanego ze zdjęć cyfrowych i skaningu laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, s. 493–502.

## UTILIZATION OF TERRESTRIAL LASER SCANNING FOR OFFICE INVENTORY

KEY WORDS: terrestrial laser scanning, 3d modeling, inventorying, close range photogrammetry, accuracy

SUMMARY: In this article aspects of indoor spatial model construction from terrestrial phase laser scanner data were presented. Range of work included cloud points acquisition and connection, and then elaboration an interior 3D model. Test object were rooms of the Department of Photogrammetry located in Institute of Geodesy and Cartography. As a result of comparison the available scanning parameters it was found that a full scan with the appropriate resolution can be done in less than 4 minutes. Connection of single scans on the basis of spheres and shields with an accuracy better than 2 mm was performed. Modeling of the obtained data in MicroStation software was done. In the modeling process the possibility of point cloud rotation and defining an auxiliary coordinate system AccuDraw was used. Some elements can't be modeled because bad cloud points described them were removed during filtration. The shape of these elements can be modeled using intersection between perpendicular plane and line crossing neighboring deleted points of cloud as well as center of scanner head. In most cases the office spaces with used of cloud points floor plan (for modeling the shape of rooms and there infrastructure elements) and vertical plans (to give a height of objects) can be modeled. Based on performed studies it can be concluded that situation inside buildings with sufficient detail and accuracy of  $\pm 6$  mm can be quick modeled on the basis of laser scanner data.

Mgr inż. Bartłomiej Kraszewski  
e-mail: bartlomiej.kraszewski@igik.edu.pl  
telefon: +48 22 329-19-87  
fax: +48 22 329-19-50