

## PICTOMETRY® – NOWE ZASTOSOWANIE ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Magdalena Madej

Pictometry Department, BLOM Aerofilms Limited

**Słowa kluczowe:** Pictometry®, zdjęcia ukośne, teselacja, zdjęcia georeferencyjne

### Wstęp

Pictometry® (piktometria) jest rewolucyjnym systemem i technologią równoczesnego pozyskiwania wysokiej jakości zdjęć ukośnych i ortogonalnych, pozwalającym na ich bezpośrednie wykorzystanie lub dalsze przetwarzanie w systemach geoinformacyjnych. Ważną cechą piktometrii jest szybko dostępna biblioteka zdjęć, co pozwala na pełne przeprowadzenie analizy obiektów, jak i innych szczegółów terenowych. System wzbogaca tradycyjne metody stosowane w fotogrametrii umożliwiając użytkownikom szybką orientację w przestrzeni, wykonywanie różnorodnych pomiarów na zdjęciach, planowanie oraz pełną, trójwymiarową analizę. Trzy lata temu system został zastosowany w Europie przez BlomAerofilms, jedną z wiodących firm angielskich wykonujących zdjęcia lotnicze oraz mapy cyfrowe na potrzeby projektów inżynierskich, wyceny nieruchomości oraz zarządzania nieruchomościami. System, opracowany i opatentowany przez Pictometry® International, jest używany do równoczesnego pozyskiwania wysokiej jakości zdjęć ukośnych pod kątem nachylenia około 50° oraz zdjęć pionowych. Fotografowanie wykonywane jest przez pięć kamer cyfrowych zamontowanych na pokładzie samolotu i zorientowanych wzajemnie pod różnymi kątami, co pozwala uzyskać różnorodne typy zdjęć podczas pojedynczego przelotu.

Obecnie firma jest odpowiedzialna za produkcję zdjęć piktometrycznych w 18 krajach europejskich. Zdjęcia są wykonywane na terenach miejskich o populacji powyżej 50 000 mieszkańców, a ich planowe ukończenie przewidziano na koniec stycznia 2008 roku.

### Podstawowe etapy w procesie piktometrycznym

#### Planowanie lotów

Punktem startowym do każdego planowania lotów jest zdefiniowanie obszaru terenu. Fotografowany teren jest ograniczony do obszarów miejskich o populacji powyżej 50 000 mieszkańców. Do skompletowania takiego planu potrzebne są:

- wysokościowy model terenu,
- informacja o ograniczeniach przestrzeni lotniczej,
- wysokość wykonania nalotu (zazwyczaj 1 km lub 2 km).

Przy opracowaniu projektu bierze się pod uwagę pokrycie zdjęciami ukośnymi oraz pionowymi. Istotne znaczenie ma poszerzenie obszaru opracowania o pas szerokości 1,5 km. Przy planowaniu lotów dąży się do minimalizacji liczby zdjęć i liczby linii lotu, uwzględniając jednocześnie dostęp do przestrzeni lotniczej i kierunków pasów startowych.

Przykład planu lotów dla Cardiff w Wielkiej Brytanii przedstawiono na rysunku 1 (po str. 86).

### **Pozyskiwanie zdjęć**

Pelny zestaw sprzętowy do wykonywania zdjęć składa się z: samolotu z tradycyjnym otworem do montowania kamer, zestawu kamer oraz systemu nawigacyjnego GPS. System kamer jest w pełni zautomatyzowany i może być obsługiwany przez pilota. Kamery, specjalnie zaprojektowane do tego systemu, wykonują zdjęcia w pięciu różnych kierunkach. Wykonanie zdjęć zgodnie z zaprojektowanym planem lotów jest wspomagane przez system GPS (*Global Positioning System*) zamontowany w samolocie. Dodatkowo system ten jest połączony z systemem inercyjnym IMU (*Inertial Measurement System*) w celu uzyskania informacji georeferencyjnych. Zdjęcia zapisywane są na dyskach w samolocie, a następnie, w biurze, kopiowane są na lokalny serwer przy użyciu odpowiedniego oprogramowania, które sprawdza także poprawność kopiowania i zakończenia procesu. Wykonane zdjęcia są zapisywane w formacie RAW, a następnie są przetwarzane na specjalny format piktometryczny PSI (*Pictometry Shot Image*), który umożliwia dalszą pracę nad zdjęciami w systemie piktometrycznym.

### **Kontrola jakości**

Otrzymywane zdjęcia są wysokiej jakości, ale muszą być zawsze sprawdzane przez operatora. Operator ma za zadanie:

- wyeliminować fotografie z chmurami, o przejaśnionych kolorach, z odbłaskami, z cieniami,
- ewentualnie polepszyć jakość zdjęcia przez zredukowanie mgły lub zbytniego nasłonecznienia.

Zdjęcia są automatycznie odrzucane, jeżeli:

- dane GPS/IMU zostały pominięte lub są niedostępne,
- położenie kamery podczas wykonywania zdjęć przekracza przyjęte granice tolerancji,
- zdjęcia zostały wykonane poza zaplanowanym obszarem (błędy grube).

### **Postprocessing**

Współrzędne kamery w samolocie w momencie wykonania zdjęcia są wyznaczone na podstawie obliczeń z wykorzystaniem jednosekundowych danych GPS. Dane GPS dla stacji umieszczonej na samolocie uzyskuje się z trzech stacji zlokalizowanych najbliżej obszaru objętego nalotem. Do obliczeń wykorzystane są dane z najlepszej stacji, a najlepsze wyniki uwzględnia się w ostatecznym przetwarzaniu. W wyniku połączenia wyznaczonych metodą GPS współrzędnych kamery z danymi IMU otrzymuje się parametry orientacji zewnętrznej dla każdego wykonanego przez system zdjęcia.

### **Kalibracja kamer**

Dokładność opracowania zależy od jakości wykorzystywanego numerycznego modelu terenu, a także od kalibracji kamer w samolocie. Kalibrację kamer przeprowadza się na

specjalnych polach testowych. Na użytek piktometrii została opracowana specjalna cyfrowa metoda kalibracji kamer. Punkty kontrolne zlokalizowane na polu testowym odfotografują się na zdjęciach. Po przeprowadzeniu obserwacji zdjęć, wykonuje się obliczenie parametrów kalibracji kamer. Uzyskane wartości są poddawane analizie, która wskazuje na ewentualne przemieszczenia mocowań kamer. Kalibracja kamer wykonywana jest systematycznie co miesiąc oraz niezależnie od tego po każdej zmianie montażu kamer.

### **Kontrola dokładności**

Dokładność zestawów zdjęć sprawdzana jest na podstawie pomierzonych punktów wiążących. Wchodzący w skład systemu Pictometry® program Buildmode posiada moduł kontroli dokładności położenia punktów wiążących. Dokładność lokalizacji punktu jest sprawdzana przez pomiar tego punktu na dostępnych zdjęciach – 2 pionowych i 3 ukośnych. Także w tym wypadku dokładność w znacznym stopniu uzależniona jest od jakości użytego numerycznego modelu terenu. Późniejsza, niezależna kontrola dokładności będzie wykonywana przy użyciu map wektorowych lub punktów pomierzonych techniką GPS.

Kontrola jakości to także sprawdzenie kompletnego pokrycia terenu zdjęciami. Sprawdza się również czy zdjęcia georeferencyjne osiągnęły zaplanowaną dokładność. W przypadku gdy dokładność nie mieści się w przyjętych granicach wyniki są analizowane w celu znalezienia błędów. Wszystkie wyniki są zarchiwizowane.

### **Ortorektyfikacja i teselacja**

W wyniku ortorektyfikacji zdjęcia pionowe są konwertowane do formy geograficznie poprawnej. Teselację wykonuje się na zdjęciach ukośnych i przypisuje się każdej części zdjęcia wartości pozyskanej z numerycznego modelu terenu. W wyniku tych procesów zdjęcia są gotowe do analizy z innymi bazami danych przestrzennych. Mogą być wykorzystane w systemach mapowych lub GIS. Bez przeprowadzenia ortorektyfikacji i teselacji nie byłoby możliwe bezpośrednie i dokładne pomiary: odległości, kątów, współrzędnych i powierzchni.

Przetworzone zdjęcia pionowe (mozaika pikometryczna – PMI) są sprawdzane w celu wychwycenia błędów spowodowanych niedokładnym numerycznym modelem terenu. Szczególną uwagę zwraca się na mosty i inne wysokie elementy, gdzie występuje duża deniwelacja terenu. Jakość mozaiki pikometrycznej jest zależna od jakości użytego do jej produkcji numerycznego modelu terenu.

## **Wyniki**

W wyniku zastosowania procesu piktometrycznego otrzymuje się (rys. 4, 5 przed str. 87):

- mozaikę piktometryczną,
- wysokorozdzielcze zdjęcia obiektów (rozmiar piksela 12-15 cm),
- zdjęcia georeferencyjne zdefiniowane w układzie geodezyjnym obiektu,
- dane dokładnościowe o wykonanych zdjęciach i obiektach.

## EFS – Electronic Field Study

Firma Blom dostarcza także, opracowany przez Pictometry® International, program EFS do obsługi zdjęć geoprzestrzennych, ich oglądania i analizy. Program EFS jest za darmo udostępniany klientom kupującym zdjęcia piktometryczne. Może być używany zarówno do oglądania zdjęć, wykonywania pomiarów, wyszukiwania, lokalizacji zdjęć na obiekcie, jak i wprowadzania nowych danych, usuwania, zmieniania, operowania bazą danych istniejących dla obiektu. Na rysunku 2 (po str. 86) pokazano warstwy GIS nałożone na zdjęcia ukośne.

Zdjęcia piktometryczne mogą być oglądane zarówno przez ogólnie dostępny darmowy program EFS, jak i z użyciem odpowiednich aplikacji z pakietów firm: ESRI, Map Info, CadCorp, Geomedia i wielu innych (rys. 3 po str. 86). Rozwój oprogramowania umożliwia jednocześnie wprowadzanie zdjęć piktometrycznych, map rastrowych i map wektorowych. Adresy i kody pocztowe mogą również zostać wczytane bezpośrednio na zdjęcia i być wykorzystywane jako informacja.

## Podsumowanie

Pictometry® jest kompletnym systemem dostarczającym sprzęt do wykonania fotografii, bibliotekę przetworzonych zdjęć, a także oprogramowanie do ich przeglądania i analizy:

- biblioteka zdjęć jest dostępna w ciągu 8–10 tygodni od zakończenia lotu,
- standardowo przewiduje się ponowne wykonywanie pomiarów co 2 lata,
- automatyczne przetwarzanie zdjęć z ręczną kontrolą jakości,
- wysoka rozdzielczość zdjęć (rozmiar piksela -15 cm),
- dokładność zależna od jakości wykorzystanego numerycznego modelu terenu,
- możliwość analizy obiektu pod różnym kątem – do 12 dostępnych widoków budynku, punktu orientacyjnego i innych obiektów,
- możliwość oglądania obiektu z różnych kierunków (rys. 6, 7 oraz 8, 9 przed str. 87),
- możliwość wykonywania następujących pomiarów na obiekcie: odległości z uwzględnieniem różnicy wysokości terenu; wysokości powierzchni terenu; wysokości budynków; wysokości wszelkich sfotografowanych obiektów; powierzchni; kątów, azymutów; współrzędnych x, y, z,
- możliwość transformowania zdjęcia mozaiki piktometrycznej do dowolnego układu odniesienia,
- łatwość użytkowania – nie potrzebna jest znajomość klucza fotointerpretacyjnego,
- łatwiejsze i szybsze rozpoznawanie obiektów na zdjęciach,
- możliwość lepszej analizy budynków: liczby pięter; wyszczególnienia wejść i wyjść do budynku,
- łatwość rozpoznawania elementów infrastruktury (lampy, budki telefoniczne, itp.),
- oszczędność czasu i kosztów wizyty w terenie,
- możliwość użycia darmowego oprogramowania EFS jak i innych programów GIS do oglądania i używania zdjęcia piktometrycznego,
- dostępność w większości systemów GIS dodatkowych aplikacji umożliwiających analizę zdjęć piktometrycznych.

Bloerofilms opracowuje obecnie wersję internetową systemu obejmującą większość bibliotek oraz funkcje, które umożliwiają do nich dostęp. Firma opracowała również system

prowadzenia serwera www, który umożliwi dostęp do danych przez stronę internetową i wykorzystanie specjalnie stworzonej do tego celu przeglądarki.

## Wykorzystanie

Wykorzystanie zdjęć ukośnych i systemów pomiarowych przez ogólnie dostępne aplikacje administracyjne jest coraz bardziej rozpowszechnione. W porównaniu z tradycyjnymi zdjęciami pionowymi, zdjęcia ukośne oceniane są jako bardziej wiarygodne i łatwiejsze w użyciu. Zastosowanie piktometrii w administracji publicznej sprawiło, że używając nowych aplikacji znajduje ona zastosowanie do nowych celów. Dlatego system piktometryczny ma obecnie coraz większą liczbę użytkowników i znalazł zastosowanie w takich dziedzinach jak:

- administracja publiczna i bezpieczeństwo
  - ułatwienie identyfikacji lokalizacji przy złych warunkach pogodowych, np. w nocy, w zimie,
  - wspomaganie poszukiwania,
  - planowanie poszukiwań, akcji ratowniczych,
  - ułatwienie wyboru alternatywnej trasy w razie utrudnień na drodze,
  - analiza obszaru z uwzględnieniem danych z różnych źródeł,
  - planowanie z uwzględnieniem dostępnych danych w postaci nakładek GIS,
  - wyszukiwanie obszaru przy użyciu nakładek z bazą adresową,
- straż pożarna
  - przygotowanie planu ewakuacyjnego dla obiektów o podwyższonym zagrożeniu,
  - możliwość wykonania zbliżenia obiektu i jego analiza: wysokość; liczba pięter; typ pokrycia dachowego; analiza punktów ewakuacyjnych,
  - analiza terenu zagrożonego,
  - analiza wpływu czynników zewnętrznych na przeprowadzaną akcję, np. wiatru,
  - ułatwienie organizacji służb ratowniczych,
  - wspomaganie prowadzenia akcji ratowniczej,
  - podstawa do analizy otoczenia wokół zagrożonego obszaru i ryzyka rozprzestrzenienia się pożaru,
  - pomiar odległości do dostępnych hydrantów,
- zarządzanie systemami wodnymi
  - analiza zagrożenia powodzią,
  - symulacja zagrożenia,
  - analiza linii brzegowych,
- zarządzanie kryzysowe
  - analiza zasięgu zagrożenia,
  - planowanie akcji ratunkowych,
  - ocena skutków: szacowanie wielkości zniszczeń; analiza zniszczeń na podstawie zdjęć terenu przed i po pożarze, wicherze, powodzi; identyfikacja uszkodzonej infrastruktury,
- zarządzanie terenami
  - analiza terenu pod kątem zagospodarowania przestrzennego,
  - planowanie przestrzenne na zdjęciach z uwzględnieniem elementów uzbrojenia naziemnego,
  - uwzględnienie elementów uzbrojenia podziemnego podczas planowania z użyciem odpowiedniej nakładki tematycznej,

- porównywanie aktualnych map zagospodarowania przestrzennego i planowania terenu z zawartością zdjęć,
- podstawa do planowania aktualizacji terenu,
- możliwość wykonania modelu 3D terenu dla potencjalnych klientów, w celu wizualizacji terenu.

### Literatura

- Ordnance Survey, 2007: On the scene before leaving the station. *Fire Times* February/March 2007.
- Saugstad A., Karbø, A., 2007: Pictometry – Long-term Impact on GI Market. [In:] GIM Interviews: Blom Group, *GIM International*, April 2007.
- Simmons G., 2007: Pictometry – a new perspective on Europe. *Geomatics World*, March/April 2007.  
<http://www.blompictometry.com/>  
[www.pictometry.com](http://www.pictometry.com)

### Summary

*This paper introduces Pictometry® as unique information system with its product and software which combines digital – color aerial imaging with a software program and providing a complete visual information system.*

*Two perspectives of georeferenced images: high resolution oblique (at an angle view) and orthogonal, viewed from a different directions with build in location's data and measuring software package obtain measurements.*

*Pictometry® products consist of desktop viewing software and aerial images. The data can either be viewed through the freely available software called Electronic Field Study or through GIS software such as ESRI, MapInfo, Cadcorp, Geomedia etc using established plug ins. The product also allows any other GIS data such as Raster & vector maps, elevation data, and address or postcode layers to be overlaid in the images.*

*The images provide a rich visual information source to support analysis, reporting and the georeferenced oblique imagery extends the benefits of traditional straight-down photography providing a unique perspective view of a locality, allowing users:*

- *To view facades of a building, structure or feature, exposing blind spots, exits and entrances previously impossible to locate on straight-down photography.*
- *The ability to measure the height, length & area of features directly from photography. Measurements can be made between real world objects rather than their graphic representation in a 3D model.*
- *Improve the identification of hard to see assets and facilities (e.g. lamp-posts, telegraph poles, etc) which can be difficult to distinguish on traditional orthophotography.*
- *View GIS data in 3D by draping it on oblique imagery, extending the traditional and more familiar 2D view afforded by most GIS applications.*

*A system based on mapping combined with location enabled, high – resolution oblique aerial photos are much easier to work with and show a lot more information. It has proven to be beneficial to housing tax assessors & planners, engineers, public safety, police, homeland security, insurance, property and real estates. The Pictometry® libraries can be used to explore, analyze, investigate and compare information not usually available in vertical imagery. The libraries can also be used for police, fire fighters, and emergency response units for verification of the true situation of an area during bad weather conditions or darkness.*

*Pictometry® has shown to save time and costs by reducing the need of site visits by showing the complete picture from the desk top. Distance, height and other measurement tools provide valuable information potentially ruling out the need for initial surveys and it is easy to use.*

Magdalena Madej  
 mmadej@bloaerofilms.com