

**EKSTRAKCYJA INFORMACJI WEKTOROWEJ W FOTOGRAMETRYCZNYM
SYSTEMIE SUMMIT EVOLUTION – ARCGIS 3D Z UWZGLĘDNIENIEM
TOPOLOGII DACHÓW**

**EXTRACTION OF VECTOR DATA IN THE SUMMIT EVOLUTION – ARCGIS 3D
PHOTOGRAMMETRIC SYSTEM WITH INCLUSION OF ROOF TOPOLOGY**

Aleksandra Bujakiewicz, Ryszard Preuss

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP, Wydział Geodezji i Kartografii,
Politechnika Warszawska

SŁOWA KLUCZOWE: cyfrowe zdjęcia, stereodigitalizacja, topologia dachów, baza obrysów dachów budynków

STRESZCZENIE: W artykule dokonana zostanie analiza korzyści stosowania stacji fotogrametrycznej Summit Evolution/ArcGis3D firmy DAT/EM, dla procesu pozyskiwania obrysów dachów budynków w formie wektorowej. Proces stereodigitalizacji w tym systemie może być prowadzony na modelu przestrzennym zrekonstruowanym zarówno na podstawie cyfrowych zdjęć lotniczych jak i wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. Oprogramowanie tej stacji cyfrowej umożliwia tworzenie bazy obrysów dachów budynków w środowisku GIS, jednocześnie z ich pomiarem fotogrametrycznym. Takie bezpośrednie połączenie systemu bazy danych GIS z pomiarową stacją fotogrametryczną, pozwala na przeprowadzenie przez obserwatora weryfikacji i odpowiedniej modyfikacji zawartości utworzonej bazy w czasie rzeczywistym, a tym samym zapewnia wyższą zgodność mierzonych fotogrametrycznie danych z istniejącymi już w bazie GIS. Tego typu integracja stacji fotogrametrycznej i systemu GIS pozwala na automatyczną i bezpośrednią wizualizację ekstrahowanych danych, co umożliwia jednoczesną kontrolę powstającego lub aktualizowanej bazy modelu wektorowego w aplikacji GIS w zakresie topologicznym, korzystając z funkcjonalności oprogramowania ArcMap.

1. WPROWADZENIE

Możliwość trójwymiarowego odtwarzania kształtu terenu i obiektów na podstawie przestrzennego pomiaru modelu fotogrametrycznego, generowanego z stereo obrazów cyfrowych, jest od wielu lat wykorzystywana dla tworzenia różnego rodzaju produktów. Obrazy takie uzyskiwane są zarówno z pułapu lotniczego, satelitarnego a także z obrazów bliskiego zasięgu, wykonanych z pułapu naziemnego. Do tych ostatnich należą coraz częściej wykorzystywane stereo obrazy pozyskiwane kamerami mobilnego systemu mapowego (ang. Mobile Mapping Technology).

Jednym z bardziej popularnych i dokładnych produktów fotogrametrycznych są dane wektorowe (obiektove), które w ostatnich latach znajdują zastosowanie dla modelowania

3D budynków i innych obiektów. Istnieją różne podejścia zarówno dla ekstrakcji danych wektorowych, jak i ich wykorzystania dla 3D modelowania obiektów. Ekstrakcję (pomiar) danych wektorowych na 3D modelu fotogrametrycznym, zrekonstruowanym w module stereo stacji cyfrowej, dokonuje się zwykle w trybie półautomatycznym lub manualnym. Konwencjonalne fotogrametryczne stacje cyfrowe posiadają moduły umożliwiające stereo digitalizację 3D modelu, zrekonstruowanego na podstawie zdjęć lotniczych, w celu generowania produktu wektorowego w systemie CAD. Nowe wersje oprogramowania stacji fotogrametrycznych zawierają moduły stereo umożliwiające także opracowanie wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych oraz naziemnych, a także współpracują bezpośrednio z systemem 3D GIS, co pozwala uzupełniać istniejącą bazę GIS danymi pomierzonymi bezpośrednio na 3D modelu fotogrametrycznym, oraz dokonać ich kontroli i wieloaspektowych analiz.

Dane wektorowe wyekstrahowane z chmur punktów ze skaningu laserowego (lotniczego lub naziemnego) można pozyskać w trybie pół-automatycznym lub automatycznym [Wang, Schenk, 2000; Gołębiowski, 2008; Szadkowski, 2009], natomiast z matchingu obrazów cyfrowych głównie w trybie półautomatycznym [Matusiak, 2008].

W półautomatycznym procesie generowania 3D modeli budynków z danych wektorowych wykorzystywane są często dodatkowe dane pozyskane z innych źródeł, takich jak na przykład, obrysy przyziemi budynków z baz danych ewidencyjnych (EGiB) lub kształty dachów z biblioteki BDA (Building Drawings Automation) [Wolf, 1999; Matusiak, 2008; Szadkowski, 2009]. Rozwijane od kilku lat automatyczne metody 3D modelowania budynków, bazują na przetwarzaniu chmur punktów, pozyskanych z lotniczego skaningu laserowego [Elberink, 2008], lub poprzez automatyczny matching obrazów cyfrowych, a także poprzez integrację danych z obu źródeł [Rottensteiner, Briese 2003; Rottensteiner i inni, 2004; Schiewe, 2004]. Zgodnie z [Sampath, Shan, 2008; Bujakiewicz, Preuss 2009], metody automatycznego modelowania budynków, bazują na trzech rozwiązaniach. W pierwszym podejściu (ang. model driven) wykorzystywane są dostępne dane z biblioteki BDA, dotyczące kształtów dachów budynków. W normalnych warunkach, biblioteka predefiniowanych dachów zawiera wybrane typowe konstrukcje dachów, zatem podejście prowadzi do generalizacji typów dachów, co uniemożliwia poprawne zrekonstruowanie bardziej skomplikowanych konstrukcji budynków. Jednakże to podejście, wykorzystujące topologię i semantykę zdefiniowanych modeli dachów, stanowi ważne wsparcie oraz punkt wyjściowy dla hipotezy modelowania ostatecznego budynków. W drugim podejściu (ang. data driven), rozwiązania bazują na pomierzonych danych, nie zakładają żadnego modelu kształtu dachu, lecz wykorzystują nadliczbowość tworzoną z gęstej chmury punktów, pozyskanej ze skaningu laserowego lub automatycznego pomiaru punktów homologicznych techniką spasowania obrazów cyfrowych. Trzecie hybrydowe rozwiązanie (data mining) jest kombinacją dwóch wcześniejszych podejść. Wykorzystanie semantycznych i topologicznych informacji predefiniowanych zestawów modeli dachów, może służyć jako pierwsze przybliżenie w procesie 3D rekonstrukcji, które w dalszym etapie przetwarzania może być uzupełnione dodatkowo pomierzonymi danymi.

W następnych rozdziałach, zostaną analizowane korzyści wynikające z stosowania fotogrametrycznej stacji cyfrowej SUMMIT EVOLUTION, pracującej bezpośrednio w systemie 3D GIS, w aspekcie możliwości tworzenia lub aktualizacji baz danych budynków dla terenu miejskiego oraz bazy dla wybranego obiektu architektonicznego.

2. CHARAKTERYSTYKA STACJI CYFROWEJ SUMMIT EVOLUTION Z NAKŁADKĄ 3D GIS

Stacja fotogrametryczna Summit-Evolution DAT/EM została wyposażona w nakładkę DAT/EM Stereo Capture dla programu ArcGIS 9.2, która umożliwia bezpośrednio uzupełnianie bazy danych GIS danymi ekstrahowanymi na 3D modelu fotogrametrycznym.

Dzięki bezpośredniemu połączeniu systemu bazy danych GIS do stacji fotogrametrycznej, obserwator może bezpośrednio analizować i odpowiednio modyfikować zawartość utworzonej bazy. Dodawać nowe elementy czy usuwać zbędne lub błędnie pomierzone. Połączenie takie zapewnia wyższą zgodność dostarczanych danych fotogrametrycznych z istniejącymi już w bazie GIS. Tego typu integracja systemu GIS oraz stacji fotogrametrycznej pozwala na automatyczną i bezpośrednią wizualizację pomierzonych danych oraz zawartości już istniejących elementów w bazie typu GIS, a przez to sprawną i kompleksową kontrolę zawartości powstającego modelu wektorowego w aplikacji GIS zarówno w zakresie geometrycznym jak i topologicznym, korzystając z funkcjonalności oprogramowania ArcMap. Przygotowanie systemu do pracy, wymaga: (1) wyboru i ustawień parametrów odpowiednich dla projektu na stacji fotogrametrycznej, oraz (2) założenia bazy danych w środowisku GIS.

Stacja fotogrametryczna Summit Evolution DAT/EM umożliwia pracę na danych zapisanych w różnych formatach, wykonanych z pułapu lotniczego, satelitarnego i naziemnego. Założenie projektu może być dokonane na podstawie importu projektu z innych stosowanych aplikacji programowych (wymaga to czasami odpowiednich modyfikacji), lub jako nowy projekt, obejmujący wszystkie etapy orientacji zaimportowanych obrazów. W programie dostępne są opcje dostosowania zdjęć, pod względem jasności, kontrastu, nasycenia. Można zmieniać te parametry dla wszystkich dostępnych zdjęć jednocześnie, lub też osobno dla pojedynczego zdjęcia. Dodatkowe funkcje dostępne przy korekcji zdjęć to wyrównanie histogramem, ustawienie progu minimalnych i maksymalnych wartości pikseli. Istnieje także opcja wyrównania histogramem wokół kursora pomiarowego. Opcja ta jest przydatna w czasie stereo-wektoryzacji na obszarze o mało zróżnicowanych wartościach pikseli, przykładowo w cieniu budynków. Przed przystąpieniem do stereodigitalizacji, należy dokonać odpowiednich ustawień w zakładce paska narzędziowego „*Capture Editing Tool*”, które dotyczą między innymi ustawień funkcjonalnych klawiszy myszy, wyboru odpowiedniego kursora używanego podczas stereodigitalizacji, zmiany szybkości przesuwu znacznika pomiarowego, sposobu wyświetlanego tekstu, wyboru głównego okna widoku i lokalizacji plików w programie, korzystania z opcji dołączania (tzw. snapowania) do wybranych 2D lub 3D elementów, co umożliwia połączenie lub wyrównanie nowych obiektów z już istniejącymi.

W celu założenia bazy danych w środowisku GIS, należy zdefiniować katalogi, w których będą zgromadzone dane, wykorzystywane w czasie pracy. Tworzenie katalogu polega na określeniu źródeł danych, które można wykorzystywać w projekcie. Stworzony w ten sposób katalog danych pozwala przeszukiwać zasoby oraz przeglądać warstwy tematyczne zarówno w formie graficznej, jak i w postaci tabelarycznego zestawienia informacji opisowych. Przeglądanie warstw przy użyciu aplikacji ArcCatalog jest niezależne od formatu danych, gdyż analizie podlegają nie dane lecz główne pliki, w których są one zapisane. Utworzone warstwy tematyczne mogą być przetwarzane przy użyciu aplikacji ArcToolbox, która jest dostępna na poziomie ArcCatalog lub ArcMap. Aby dodać wcześniej

utworzoną bazę danych do projektu ArcMap, wystarczy wskazać ją w oknie ArcCatalog i dołączyć do aplikacji ArcMap.

Dane mierzone w trakcie stereodigitalizacji modelu fotogrametrycznego na stacji Summit Evolution są bezpośrednio edytowane i analizowane w środowisku programowym aplikacji ArcMap, dzięki czemu powstający model wektorowy jest na bieżąco kontrolowany w aplikacji GIS w zakresie topologicznym, korzystając z funkcjonalności tego oprogramowania.

3. ZALETY STOSOWANIA SYSTEMU SUMMIT EVOLUTION / 3D GIS

Korzyści jakie wynikają z stosowania systemu Summit Evolution z nakładką 3D GIS dla generowania produktów wektorowych można sklasyfikować w trzech grupach przedstawionych poniżej.

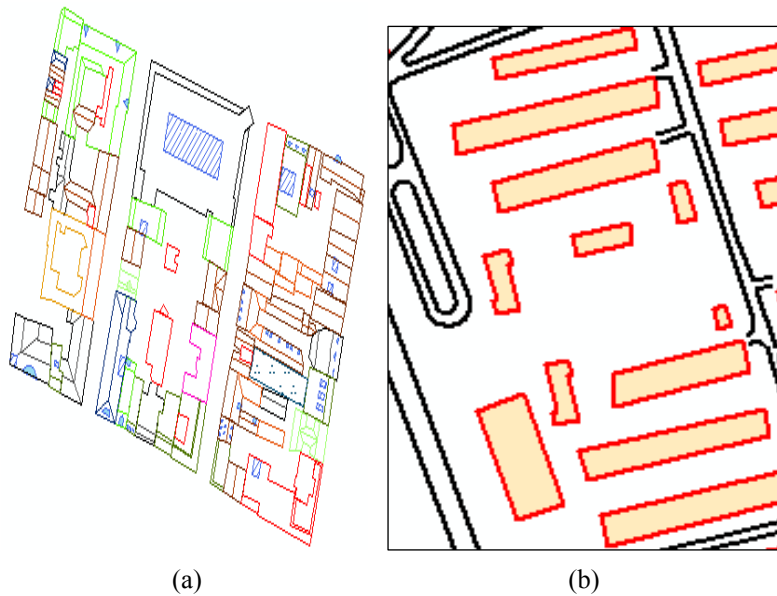
3.1. Zalety systemu Summit Evolution / 3D GIS w odniesieniu do procesu ekstrakcji danych wektorowych na 3D modelu fotogrametrycznym

Proces ekstrakcji obiektów wektorowych wymaga dokonania niezbędnych ustawień na stacji fotogrametrycznej i w aplikacji ArcMap. Po uruchomieniu procesu edycji w zakładce 'Editor' aplikacji ArcMap, należy dokonać w zakładce „Target” wyboru odpowiedniej klasy obiektów z założonej wcześniej (w ArcCatalog) geobazy, oraz w zakładce „Task” wyboru rodzaju funkcji konkretnej edycji (np. tworzenie nowego obiektu, modyfikacji geometrycznych lub topologicznych właściwości obiektów). Z okna Summit Evolution wybiera się jedną z funkcji pomiaru. Dla ekstrakcji elementów punktowych może to być zarówno polilinia (*Polyline 3D*) lub punkt (*Spot X*), dla pomiaru pojedynczych elementów liniowych, wybiera się funkcję *Point-to-Point*, natomiast w przypadku obiektu składającego się z kilku linii (również poligону) – *Polyline 3D*, a dla łuków (*Auto Arc 3D*).

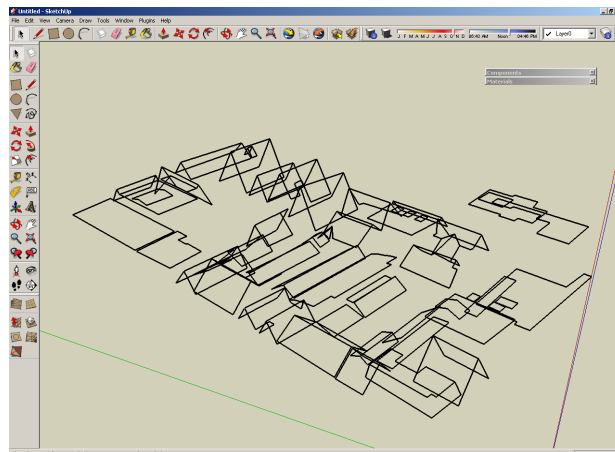
Istotną zaletą systemu w trakcie dokonywania ekstrakcji danych wektorowych na 3D modelu fotogrametrycznym jest opcja snapowania, co umożliwia połączenie lub wyrównanie nowych obiektów z już istniejącymi. W takim przypadku należy w zakładce „Editor” aplikacji ArcMap zaznaczyć użycie tej funkcji a także wskazać rodzaje elementów do których nowy obiekt ma być dołączony. Do wyboru są: krawędź (*Edge*), element punktowy obiektu (*Vertex*), koniec danego elementu (*End*). Ponadto, należy także w pasku narzędziowym DAT/EM Capture Editing Tools wybrać typ obiektów (2D lub 3D) do których nastąpi dołączanie.

Przykładowo, na rysunku 3.1. zamieszczono fragmenty produktów wektorowych dotyczących kształtu dachów budynków, ekstrahowanych z 3D modeli zrekonstruowanych na stacji Summit Evolution, połączonej bezpośrednio z nakładką ArcGIS, w oparciu o cyfrowe obrazy lotnicze (rys. 3.1.a) – [Trzmiel, 2009], oraz stereo obrazy satelitarne VHR (rys. 3.1.b) – [Holc, 2010], wykonywanych w Zakładzie FTiSIP PW. Na potrzeby niniejszych projektów zostały wykorzystane dane z projektu Intergraph_PUWG2000 (obrazy cyfrowe o dużym pokryciu pozyskane kamerą UltraCam-D wraz z danymi georeferencyjnymi), dotyczące miasta Wrocław. Wykorzystane obrazy satelitarne to dwa stereo obrazy panchromatyczne z satelity Ikonos o rozdzielczości 1m, obejmujące obszar przedmieścia Krakowa, które zostały pozyskane w czerwcu 2005 roku. Obrazy tworzyły model orbitalny, którego odtworzenie realizowane było dzięki współczynnikom RPC. Dodatkowo, udostępnione zostały (przez S. Różyckiego) pliki ze współrzędnymi punktów osnowy dla tego obszaru, wraz z ich opisami topograficznymi, które posłużyły dla poprawy orientacji

obrazów. W obu przypadkach, w trakcie ekstrakcji produktów wektorowych, zastosowana została funkcja snapowania. Poziom generalizacji obiektów wektorowych dla krawędzi dachów jest zróżnicowany, co wynika z rozdzielczości i możliwości rozpoznawania detali kształtu krawędzi dachów na obu rodzajach obrazów.



Rys. 3.1. Fragmenty produktów wektorowych krawędzi dachów wyekstrahowanych z 3D modelu przy zastosowaniu funkcji snapowania (a) z modelu 3D bazującego na zdjęciach cyfrowych [Trzmiel, 2009a, b] (b) z modelu 3D z obrazów Ikonos [Holc, 2010]

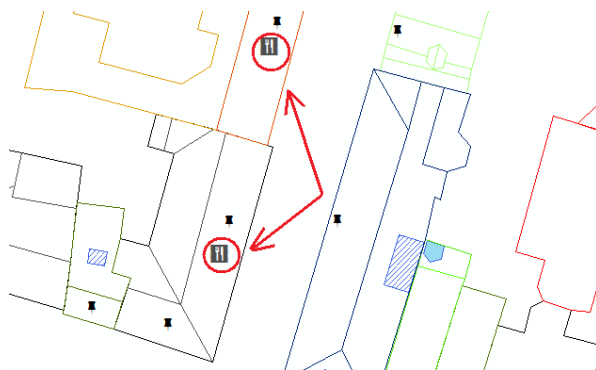


Rys. 3.2. Przykład wizualizacji zwektoryzowanych dachów budynków przedstawionych na rys. 3.1a. w programie Google SketchUp

W trakcie ekstrakcji obiektów na stacji Summit Evolution, kontroluje się jednocześnie powstający produkt wektorowy w aplikacji ArcMap, oraz wprowadza wszelkie konieczne poprawki i modyfikacje. Dodatkowo, wykorzystując aplikację ArcScene, sprawdza się czy obiekty zostają właściwie pomierzone i zachowują prawidłową relację w przestrzeni 3D. Oprogramowanie stacji umożliwia także powiększanie i przeglądanie, w czasie rzeczywistym, jednocześnie modelu w widoku stereo i danych w oknie aplikacji ArcMap. Natomiast funkcja superimpozycji, która wybierana jest zarówno z paska narzędzi okna głównego Summit Evolution jak i ArcMap, umożliwia w czasie rzeczywistym nałożenie danych wektorowych na model stereoskopowy. Dzięki temu można stale kontrolować ekstrahowane dane pod względem jakości geometrycznej i w razie potrzeby je poprawiać lub uzupełniać.

3.2 Analiza danych bazy GIS jednocześnie z pomiarem fotogrametrycznym

Fotogrametryczna stacja cyfrowa połączona on-line z nakładką GIS stwarza możliwość realizacji procesu ekstrakcji danych wektorowych jednocześnie z prowadzeniem różnego rodzaju analiz i uzupełnień dodatkowymi atrybutami. Mogą one dotyczyć zarówno bieżącej kontroli ekstrahowanych danych, jak i wielu innych analiz, w tym statystycznych, wykonywanych na życzenie konkretnych użytkowników. Na rysunku 3.3 przedstawiono fragment produktu wektorowego z zaznaczonymi punktami adresowymi oraz lokalizacją restauracji [Trzmiel, 2009b].



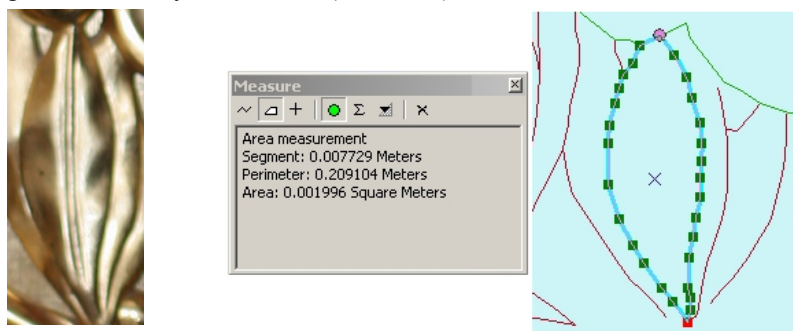
Rys. 3.3. Fragment okna aplikacji ArcMap z zaznaczonymi punktami adresowymi – symbol „pineski”, oraz sygnaturami symbolizującymi restaurację „nóż i widelec” [Trzmiel, 2009b]

W przypadku ekstrakcji budynków o różnym kształcie dachów na obszarach miejskich, można na przykład dokonać analizy liczebności występowania dachów w grupach i podgrupach takich urozmaiconych budynków. Wyniki analiz w tym zakresie wykonane w pracy dyplomowej [Trzmiel, 2009b], dotyczące fragmentu obszaru miejskiego ‘Wrocław’ są przedstawione w tabeli 3.1.

Tab. 3.1. Zestawienie liczby wystąpień typów dachów w grupach i podgrupach (ogólna liczba pomierzonych dachów – 93)

Główne grupy typów dachów	Liczba wystąpień głównych grup typów dachów w %	Nazwy podgrup dachów i liczba ich wystąpień w poszczególnych grupach w %
dachy płaskie	34	– płaski poziomy - 56 – płaski jednospadowy - 35 – płaski U-kształtny - 3 – płaski kwadrat(zamkn.) - 6
dachy tradycyjne	38	– dwuspadowy - 86 – czterospadowy - 11 – beczkowy - 3
dachy inne	18	– dwuspadowe połączone - 30 – płaski spadek od frontu - 35 – płaski spadek od frontu i tyłu - 35
dachy niekonwencjonalne	10	

Innym, nietypowym, przykładem analiz, realizowanym w ramach projektu wykonywanego w pracy dyplomowej [Arcisz, 2008], było oszacowanie powierzchni złożonego liścia w fragmencie 3D płyty Ołtarza Najświętszego Sakramentu Kościoła Św. Krzyża w Warszawie, mierzonej fotogrametrycznie na stacji Summit Evolution-ArcGIS. Dla pomierzonego liścia, który wymagał renowacji, należało określić wielkość powierzchni w celu oszacowania masy materiału do jego pozłocenia przez konserwatorów. Dzięki funkcji ‘Measure’ w nakładce ArcMap, która wykonuje analizy pomiarowe w oparciu o zapytania do bazy danych, można było to określić bezpośrednio w czasie pomiaru na stacji pomiarowej. Na rysunku 3.4 przedstawiony został obraz fragmentu obiektu (liścia) przewidywanego do złocenia oraz okno ArcMap z punktami pomiarowymi opisującymi obwód liścia, a także wyniki analiz, tj. powierzchnię liścia, wynoszącą 0.001996 m² (20 cm²) i jego obwód równy 0,209104 m (ok. 21 cm).

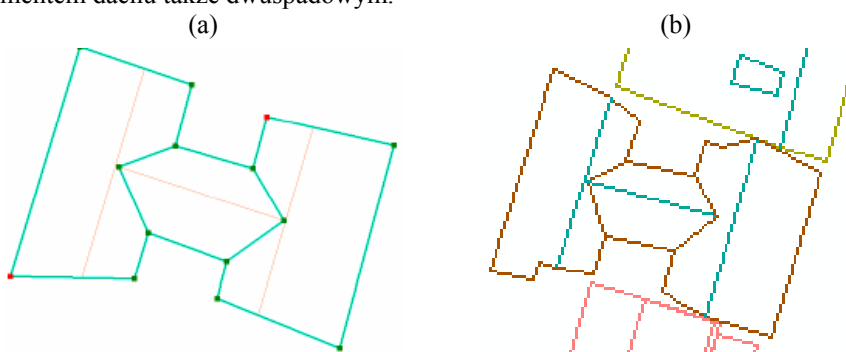


Rys. 3.4. Analiza powierzchni i obwodu dla liścia przy wykorzystaniu funkcji ‘Measure’ w ArcMap [Arcisz, 2008]

3.3. Tworzenie rozszerzonej biblioteki BDA na podstawie pomiaru i analizy kształtu dachów występujących na modelu fotogrametrycznym terenu miejskiego

Wiele rozwijanych algorytmów modelowania budynków bazuje na założonych kształtach dachów budynków, które są dostępne w bibliotekach modeli dachów (BDA). Odpowiednie modele dachów dopasowuje się automatycznie do chmur punktów, pozyskanych ze skaningu laserowego lub automatycznej korelacji obrazów, wykorzystując jednocześnie przyziemia budynków pozyskanych zwykle z istniejących baz danych. Metody te są relatywnie proste w realizacji, a ponadto topologia i semantyka zdefiniowanych modeli dachów stanowi ważne wsparcie oraz punkt wyjściowy dla hipotezy modelowania budynków. Jednakże typy kształtów pre-definiowanych dachów w bibliotekach BDA są zwykle ograniczone do podstawowych modeli [Wolf, 1999; Forstner, 1999; Meng, Forberg, 2006]. Nie zawierają zatem możliwości rekonstrukcji kształtu budynków z nietypowymi skomplikowanymi konstrukcjami dachów. Zgodnie z rekomendacjami proponowanymi przez III Komisję ISPRS na Kongresie w Pekinie, a także sugestiami przedstawionymi w publikacjach [Elberink, 2008], przyszłościowe badania dotyczące technik rekonstrukcji modeli budynków będą ukierunkowane na wykorzystanie szerszych zestawów potencjalnych modeli kształtu dachów w bibliotekach BDA.

Realizując na fotogrametrycznej stacji cyfrowej proces stereodigitalizacji dachów, charakterystycznych dla aktualnie budowanych aglomeracji miejskich, można stworzyć rozszerzone zestawy modeli kształtów dachów dla uzupełnienia biblioteki BDA. Połączenie stacji fotogrametrycznej bezpośrednio z systemem 3D GIS tak jak jest to w przypadku systemu Summit Evolution z nakładką ArcGIS, pozwala na tworzenie takich baz danych w środowisku GIS, niezbędnych dla rekonstrukcji modeli dachów, jednocześnie z ich ekstrakcją na modelu fotogrametrycznym. Tego rodzaju proces pozwala na bieżąco analizować topologię dachów w bazie GIS i jednocześnie w razie potrzeby na bieżąco uzupełniać bibliotekę BDA w czasie pracy na modelu fotogrametrycznym. Próby tworzenia bazy dachów w tym systemie zostały wykonane w Zakładzie FTiSIP PW, w ramach pracy magisterskiej [Trzmiel, 2009b]. Na rysunku 3.5 pokazany został przykład modyfikacji biblioteki BDA, w którym w ten sposób stworzono model konstrukcji złożonej z dwóch budynków o dachach dwuspadowych, które w części środkowej połączone były fragmentem dachu także dwuspadowym.



Rys. 3.5. Przykład budynku z połączonymi dachami dwuspadowymi (a) kształt dachu (b) Okno programu ArcMap z plikiem wektoryzowanego dachu [Trzmiel, 2009b]

4. PODSUMOWANIE

Dane źródłowe pozyskiwane metodami fotogrametrycznymi coraz szerzej zasilają systemy typu GIS. W przypadku danych wektorowych są one rejestrowane na stacji fotogrametrycznej w postaci plików CAD, które następnie w trybie off-line są transferowane do systemów GIS. Oprogramowanie Summit Evolution/3DGIS zainstalowane na dowolnej cyfrowej stacji cyfrowej umożliwia bezpośredni pomiar w środowisku GIS firmy ESRI. Taka integracja procesów stwarza nowe możliwości funkcjonalne wykorzystywanego stanowiska fotogrametrycznego i przyczynia się do zwiększenia niezawodności i efektywności tworzenia czy aktualizacji bazy danych typu topograficznego, katastralnego lub inżynierskiego. Rozwiązanie to całkowicie eliminuje problemy związane z transferem danych pomiędzy różnymi środowiskami programowymi. Podnosi efektywność aktualizacji bazy danych poprzez wykorzystanie możliwości superimpozycji zawartości tej bazy na model przestrzenny terenu lub obiektów zrekonstruowanych na stacji fotogrametrycznej. Proces ten realizowany w 3D umożliwia pełną kontrolę geometryczną istniejących i pozyskiwanych obiektów. Istnieje również możliwość uzupełniania i weryfikacji atrybutów opisowych tych obiektów. Pozyskiwane obiekty są mierzone zgodnie z predefiniowaną biblioteką BDA wykorzystywaną bezpośrednio w oprogramowaniu GIS. W przypadku nietypowych obiektów niezdefiniowanych wcześniej w bibliotece BDA istnieje możliwość dodawania nowych bezpośrednio na stanowisku fotogrametrycznym. Również w czasie pomiaru fotogrametrycznego mogą być prowadzone analizy typu GIS na obiektach bazy danych. Rozszerza to w sposób znaczący funkcjonalność stanowiska fotogrametrycznego wyposażonego w analizowane oprogramowanie.

5. BIBLIOGRAFIA

- Bujakiewicz A., Zawieska D., Arcisz M., 2008: Wykorzystanie różnoskalowych zdjęć do zasilania bazy danych 3D obiektów architektonicznych. *Archiwum Foto_Karto_Tel* Vol 18.
- Bujakiewicz A., Preuss R., 2009: Ocena możliwości automatycznej rekonstrukcji 3D modeli budynków z danych fotogrametrycznych. *Archiwum Foto_Karto_Tele*. Vol 19.
- Elberink S.O., 2008: Problems in Automated Building Reconstruction based on Dense Airborne Laser Scanning Data. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol. 37, B3.
- Forstner W., 1999: 3D City Models: Automatic and Semiautomatic Acquisition Methods”. *Photogrammetric Week*, Stuttgart
- Meng L., Forberg A., 2006: 3D Building Generalisation – rozdz. 11 książki “Challenges in Portrayal Geographical Information: Issues of Generalisation and Multi Scale Representation”. Munchen.
- Rottensteiner F., Briese C., 2003: Automatic Generation of Building Models from Lidar Data and the Integration of Aerial Images. *International Archives of Photo_RS_SIS*, Vol. 34 WG/I/3.
- Rottensteiner F., Trinder J., Clode S., Kubik K. 2004: Fusing Airborne Laser Scanner Data and Aerial Imagery for the Automatic Extraction of Buildings in Densely Built-up Areas. *International Archives of Photo_RS_SIS*, Vol. 35, B3.
- Sampath A., Shan J., 2008: Building Roof Segmentation and Reconstruction from Lidar Point Clouds Using Clustering Techniques. *International Archives of Photo_RS_SIS*, Vol. 37, B3.
- Schiewe J., 2004: Fusion and Perceptual Organisation of Features from Multi-Sensor Data: General Concepts and New Developments. *International Archives of Photo_RS_SIS*, Vol. 35, B4.

- Wang Z., Schenk T., 2000: Building Extraction and Reconstruction from Lidar Data. International Archives of Photo_RS_SIS, Vol. 33, B3.
- Wolf, M. 1999: Photogrammetric Data Capture and Calculation for 3D City Models. Photogrammetric Week, University of Stuttgart, pp. 305–312.
- Gołębiowski K., 2008: Ekstrakcja budynków z danych LIDAR dla terenów miejskich. Praca Magisterska, Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP, Politechnika Warszawska.
- Arcisz M., 2008: Pozyskanie danych fotogrametrycznych dla bazy danych 3D GIS wybranego obiektu sakralnego. Praca Magisterska, Zakład FTiSIP, PW.
- Holc M., 2010: Ocena przydatności stosowania stacji fotogrametrycznej Summit Evolution do stereo-digitalizacji obiektów zarejestrowanych na wysokorozdzielczych obrazach satelitarnych. Praca Przejściowa, Zakład FTiSIP, PW.
- Matusiak M., 2007: Automatyczne generowanie 3D modeli miast na podstawie danych pozyskanych z cyfrowych zdjęć lotniczych. Praca Magisterska, Zakład FTiSIP, PW.
- Szadkowski A., 2009: Modelowanie budynków na podstawie wieloźródłowych danych fotogrametrycznych. Praca Magisterska, Zakład FTiSIP, PW.
- Trzmieł A., 2009a: Pozyskiwanie krawędzi dachów budynków na podstawie obserwacji wykonanych na zdjęciach pola Wrocław. Praca Przejściowa, Zakład FTiSIP, PW.
- Trzmieł A., 2009b: Analiza nietypowych kształtów dachów budynków w środowisku 3D GIS na podstawie danych fotogrametrycznych. Praca Magisterska, Zakład FTiSIP, PW.

EXTRACTION OF VECTOR DATA IN THE SUMMIT EVOLUTION – ARCGIS 3D PHOTOGRAMMETRIC SYSTEM WITH INCLUSION OF ROOF TOPOLOGY

KEY WORDS: digital images, stereo digitization, roof topology, base of roof edges of buildings

The paper presents an analysis of the advantages from using the photogrammetric system Summit Evolution – ArcGis 3D, DAT/EM, for acquisition of vector data for edges of building roofs. The process of stereodigitization in this system can be performed on the stereo model reconstructed on the basis of the digital aerial photographs as well as the high resolution satellite images. The software allows to create the base of roof edges for buildings in GIS environment simultaneously with their extraction. Such direct connection of a GIS data base with the photogrammetric workstation permits an on-line verification and modification of the content of the data base, and thus a higher consistence of the extracted vector data with the existing data in GIS data base can be ensured. Such direct integration of a photogrammetric workstation with GIS data base allows for direct and automatic visualization of the extracted data, and thus a control of a new or modified vector data base with respect to geometry and topology can be carried out on-line.

prof. dr hab. Aleksandra Bujakiewicz
e-mail: abujak7@wp.pl
tel: 503086444

dr inż. Ryszard Preuss
email: ryszard.preuss@wp.pl
tel. 601143570