

**WYKORZYSTANIE APARATU CYFROWEGO TELEFONU  
KOMÓRKOWEGO DO WIZUALIZACJI 3D KAPLICZKI**

**APPLICATION OF MOBILE DIGITAL CAMERA IN 3D VISUALISATION  
OF SHRINE**

**Regina Tokarczyk, Jakub Kolecki, Piotr Tokarczyk**

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, Wydział Geodezji  
Górnictwej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

**SŁOWA KLUCZOWE:** telefon komórkowy, fotogrametria bliskiego zasięgu, kalibracja kamery, wizualizacja 3D

**STRESZCZENIE:** W opracowaniu przedstawiono prace zmierzające do wizualizacji 3D zabytkowej kapliczki krakowskiej z zastosowaniem kamery cyfrowej aparatu komórkowego Nokia 6280 wyposażonej w obiektyw o stałym ogniskowaniu i dwumegapikselową matrycę CMOS. Poprzedzone one zostały badaniem fotogrametrycznej przydatności tej kamery na polu testowym AGH do kalibracji kamer bliskiego zasięgu. Porównano je z wynikami badania dwu innych aparatów cyfrowych: kompaktowego o stałym ogniskowaniu Olympus C120 oraz lustrzanki Minolta Dynax ze stałoogniskowym obiektywem 20 mm. Mimo słabo modelowanej dystorsji obiektywu aparatu komórkowego Nokia 6280 uzyskano w wyniku fotogrametrycznego wcięcia w przód dokładność względną pomiaru położenia punktu około 1/1230, co pozwala na wykorzystanie tej kamerki do wielu zagadnień pomiarowych. Jako przykład takiego zastosowania wykonano trójwymiarową wizualizację zabytkowej kapliczki, przy minimum prac terenowych. Modele na podstawie wykonanych stereogramów zbudowano i zwektoryzowano za pomocą autografu VSD, wykorzystując do orientacji bezwzględnej modeli wersję orientacji bezwzględnej etapami. Dalsze opracowanie wykonano z użyciem programu AutoCAD. Model krawędziowy obiektu został pokryty teksturami ze zdjęć i teksturami autorskimi. Kontrola utworzonego modelu kapliczki oparta na porównaniu długości odcinków pomierzonych na nim i pomiarem bezpośrednim wykazała, że dokładność pomiaru fotogrametrycznego jest wystarczająca dla dokładności wymaganej dla tego rodzaju obiektu.

## **1. WPROWADZENIE**

Cyfrowe kamery niometryczne to aktualnie najczęściej stosowane narzędzie akwizycji obrazów w fotogrametrii bliskiego zasięgu. Do obrazowania wykorzystuje się zazwyczaj wysokorozdzielcze lustrzanki ze stałoogniskowymi obiektywami i manualnym sposobem ogniskowania, ale stosuje się również aparaty kompaktowe, w różny sposób pokonując problem ich kalibracji związany z funkcją *autofocus* (Tokarczyk *et al.* 2000). W oparciu o metody fotogrametryczne działają systemy robotyczne real-time wykorzystujące kamery CCD, cyfrowe wideokamery służą do pomiarów przemieszczeń i odkształceń w takich

dziedzinach jak sport, medycyna, inżynieria. Ten potencjał rejestracyjny może być wzbogacony przez dynamicznie rozwijającą się produkcję tanich i prostych kamerek cyfrowych, które można zaliczyć do gadżetów dołączanych do rozmaitych innych urządzeń.

W Polsce liczba będących w użyciu telefonicznych aparatów komórkowych przekroczyła już liczbę mieszkańców. Wiele z tych aparatów jest wyposażonych w dodatkowe funkcje, w tym w funkcje rejestracji obrazu za pomocą wbudowanego w „komórkę” cyfrowego aparatu fotograficznego. Zatem można przyjąć, że cyfrowy aparat fotograficzny jest cały czas do dyspozycji milionów osób. Kamery te mogą być wykorzystane do spontanicznej pasywnej inwentaryzacji fotogrametrycznej małych obiektów architektonicznych.

Artykuł ten przedstawia prace związane z wykorzystaniem cyfrowej kamery telefonicznego aparatu komórkowego Nokia 6280 do trójwymiarowej wizualizacji zabytkowej krakowskiej kapliczki; począwszy od badania geometrii obrazu kamery i dokładności określenia współrzędnych punktów z pary wykonanych za jej pomocą zdjęć, aż do opracowania modelu na autografie cyfrowym i jego fotorealistycznej wizualizacji.

## 2. PRÓBA CHARAKTERYSTYKI APARATÓW FOTOGRAFICZNYCH TELEFONÓW KOMÓRKOWYCH

W 2000 roku, pojawił się na rynku pierwszy telefon komórkowy z wbudowaną kamerą cyfrową (J-SH04 firmy Sharp z 1.1 megapikselową matrycą CMOS), już w 2005 r. liczba komórek z kamerami wzrosła do 500 milionów, a przekroczenie miliarda egzemplarzy przewiduje się w 2008 roku! (Wikipedia 2007) Jest to obecnie najczęściej stosowane na świecie narzędzie akwizycji obrazów, o dynamice rozwoju i innowacyjności przewyższającej tradycyjne aparaty cyfrowe. Spotyka się dwa rozwiązania połączenia funkcji telefonu z funkcją fotografowania: kamera wbudowana na stałe w obudowę telefonu (Rys.1 a) i drugie, znacznie mniej popularne – kamera do niego doczepiana (Rys.1b)



Rys. 1a Zewnętrzna kamera MCA-25 SonyEricsson. Rysunek ze strony: <http://www.mobile-review.com/articles/2003/camera-phone-en.shtml>



Rys. 1b Telefon SonyEricsson K750i z wbudowaną kamerą . Rysunek zaczerpnięto ze strony <http://sms.pl/tel/sonyericsson,k750i.php>

Istnieje wiele istotnych ograniczeń wynikających z tego, że rejestrator obrazu musi być umieszczony w urządzeniu o małych gabarytach i to urządzeniu, którego głównym zadaniem (aktualnie, co z biegiem czasu prawdopodobnie się zmieni) jest komunikacja głosowa. Zatem podstawowe części takiej kamery muszą być miniaturowe, co pogarsza

jakość otrzymywanego obrazu. Dla zwiększenia rozdzielczości obrazu niewielkich matryc CCD lub CMOS zmniejsza się wielkość ich detektorów, ograniczeniem ich miniaturyzacji jest dyfrakcja światła. Ponadto, im mniejszy detektor, tym mniej energii do niego dociera i tym więcej szumów w sygnale. Obiektywy aparatów to zespoły miniaturowych plastikowych soczewek, najczęściej niskiej jakości, o średnicy nie przekraczającej kilku milimetrów, a w celu zapisu na karcie pamięci aparatu odpowiednio dużej ilości zdjęć stosowany jest wysoki stopień kompresji JPEG-a.

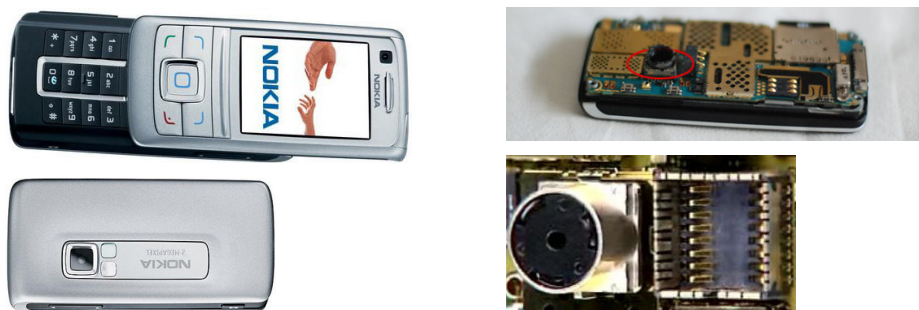
Te czynniki powodują, że jakość otrzymanego obrazu nie jest najlepsza, co szczególnie widać przy znacznym powiększaniu obrazu.

Jednak wśród bogatej oferty modeli różnych firm można spotkać takie, których kamery mają całkiem przyzwoity „markowy” szklany obiektyw, z zoomem optycznym, funkcją *autofocus*, matrycą dużej rozdzielczości (3 megapikselowa kamera Sharpa LZ0P3751, 5 megapikselowa kamera w telefonie Samsung G800). Jakością wykonywanych zdjęć dorównują już kompaktom z niższej półki i chociaż wielu fotografów ten rodzaj kamer lekceważy, to zapewne nieraz zdarzyła się im sytuacja lub obiekt godne uwiecznienia na fotografii, gdy tymczasem ich aparat fotograficzny leżał w domu.

### 3. BADANIA TESTOWE KAMERY TELEFONU NOKIA 6280 I PORÓWNANIE JEJ Z WYBRANYMI APARATAMI CYFROWYMI

#### 3.1. Charakterystyka porównywanych kamer

Do wykonania zdjęć w celu wizualizacji 3D zabytkowej kapliczki użyto aparatu cyfrowego telefonu Nokia 6280. Jest to aparat o 2 megapikselowej matrycy CMOS z detektorem wielkości  $2,8 \mu\text{m}$ , stałogniskowym ( $f=4,9 \text{ mm}$ ) obiektywem o stałej odległości obrazowej (Rys.2).



Rys.2 Telefon Nokia 6280. Po prawej stronie telefonu ze zdjętą obudową widoczna kamera cyfrowa, poniżej zbliżenie kamery wyjętej z gniazda wraz z matrycą.

Dla porównania parametrów tej kamery, wpływających na pomiar fotogrametryczny, zestawiono je z parametrami dwu aparatów cyfrowych: kompaktowego Olympus Camedia C120 oraz lustrzanki Minolta Dynax 5D. Aparat Camedia wybrano z powodu podobieństwa niektórych jego parametrów: jest również aparatem typu *free focus*,

z identyczną wielkością matrycy i detektora, podobną ogniskową obiektywu. Minolte Dynax 5D wybrano spośród kilku dostępnych w KGFiTŚ AGH lustrzanek tylko z powodu jej aktualnego częstego stosowania do pomiarów fotogrametrycznych. Najważniejsze parametry charakteryzujące badane aparaty umieszczono w Tabeli 1.

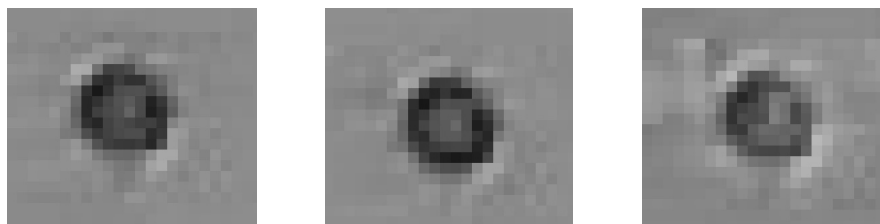
**Tab 1.** Parametry badanych aparatów cyfrowych

Widok			
Nazwa	Nokia 6280	Olympus Camedia C-120	Minolta Dynax 5D
Sensor	CMOS	CCD	CCD
Wielkość detektora	2,8 $\mu\text{m}$	2,8 $\mu\text{m}$	7,8 $\mu\text{m}$
Wymiar sensora	4.5 x 3.4 mm	4.5 x 3.4 mm	23.5 x 15.7 mm
Maksymalna rozdzielczość	1600x1200	1600x1200	3008 x 2000
Ogniskowanie	Obiektyw <i>free focus</i>	Obiektyw <i>free focus</i>	Lustrzanka, AF i tryb manualny
Obiektyw	Brak danych	Obiektyw Olympusa	Minolta 20/2,8
Ogniskowa obiektywu	4,9 mm	4,5 mm	20 mm (35 ekwiwalentna)

### 3.2. Badania testowe

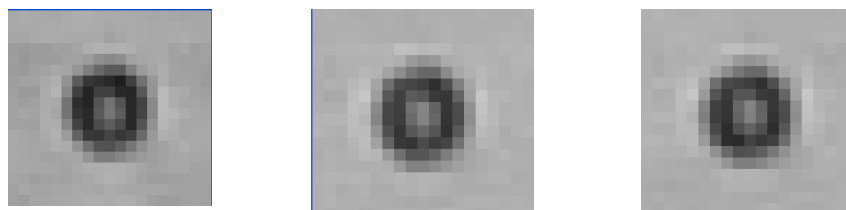
W ramach badania wybranych aparatów wykonano ich kalibrację oraz pomiar testowy wyznaczenia dokładności przestrzennych współrzędnych punktów w oparciu o parę zdjęć. Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska WGGiIŚ AGH dysponuje polem testowym do kalibracji kamer bliskiego zasięgu (Boroń *et al.*, 1999), (Tokarczyk *et al.*, 2000), (Tokarczyk *et al.*, 2002), (Tokarczyk, 2007), składającym się z ponad setki sygnałów umieszczonych na ścianie, o współrzędnych centrów wyznaczonych pomiarem geodezyjnym z dokładnością  $0,2 \pm 0,3$  mm i kilkudziesięciu sygnałów rozmieszczonych przestrzennie (na pionowych linkach) o współrzędnych wyznaczanych w procesie wyrównania wiązek. Dla zdjęć z aparatów Camedia i Minolta pomiar na obrazach wykonywany był manualnie z użyciem programu VSD AGH, natomiast zdjęcia z Nokii 6280 mierzono automatycznie za pomocą niedawno utworzonej aplikacji programu Matlab - *Test-field Measurement Toolbox* (Kolecki *et al.*, 2007). Aplikacja ta pozwala na automatyczną detekcję, pomiar z podpixelową dokładnością i identyfikację punktów pola sygnalizowanych czarno-białymi pierścieniami, jej zaletą jest

odporność na zmiany oświetlenia w obrębie jednego zdjęcia, szумы na obrazie, perspektywiczne zniekształcenia sygnałów i ich ewentualną nieostrość. Miało to znaczenie w przypadku zdjęć z Nokii, kiedy to brak specjalnego doświetlenia pola dla niskoczułej matrycy CMOS kamerki spowodował bardzo złą jakość obrazów. Analizując składowe obrazy cyfrowe z tego aparatu daje się zauważyć bardzo duże zaszumienie składowej niebieskiej (Rys.3c). Duży stopień kompresji JPG-a uwidacznia wyraźne bloki ośmiopikselowych jednostek kompresji (Rys. 3c).



a) b) c)  
Rys.3 Obraz sygnału pola testowego z aparatu Nokia 6280 w kanale a) czerwonym, b) zielonym, c) niebieskim. Wielkość piksela terenowego około 1,7 mm

Dla porównania przedstawiono obraz z kompaktu Camedia C120, aparatu o takim samym rozmiarze matrycy i detektora jak Nokia (Rys.4). Wyraźnie widać prawie identyczną jakość obrazów składowych i niewidoczne bloki kompresji, ponieważ testowanie wykonywano na zdjęciach o najmniejszym z możliwych do ustawienia w aparacie stopniu kompresji JPG-a.



a) b) c)  
Rys.3 Obraz sygnału pola testowego z aparatu Olympus Camedia C120 w kanale a) czerwonym, b) zielonym, c) niebieskim. Wielkość piksela terenowego około 2 mm

Kalibrację kamery Nokii, jak i pozostałych aparatów przeprowadzono w oparciu o 5 możliwie optymalnie rozmieszczonych zdjęć, ale dla różnych odległości fotografowania dla poszczególnych aparatów, co wynikało z potrzeb pomiaru fotogrametrycznego, któremu kalibracja miała służyć. Najbardziej niekorzystny kształt sieci wystąpił przy kalibracji Minolty 5D, ogniskowanej na nieskończoność, z racji tego pole testowe fotografowano z większej odległości. Parametry kalibracji wyznaczono przez obliczenie i wyrównanie sieci wiązek metodą samokalibracji z użyciem programu Orient (TU Wien).

Normalizowaną dystorsję obiektywu modelowano wielomianem zawierającym dwa parametry dystorsji radialnej i dwa tangencjalnej (1) (Brown 1971),(Fraser 1980)(UM Orient).

$$(1) \begin{aligned} \Delta x &= a_3 x(r^2 - 1) + a_4 x(r^4 - 1) + a_5 (r^2 + 2x^2) + a_6 2xy \\ \Delta y &= a_1 x + a_2 y + a_3 y(r^2 - 1) + a_4 y(r^4 - 1) + a_5 2xy + a_6 (r^2 + 2x^2) \end{aligned}$$

gdzie :

$$x = (x' - x_0)/R_0 \quad r = (x^2 + y^2)^{1/2}$$

$$y = (y' - y_0)/R_0$$

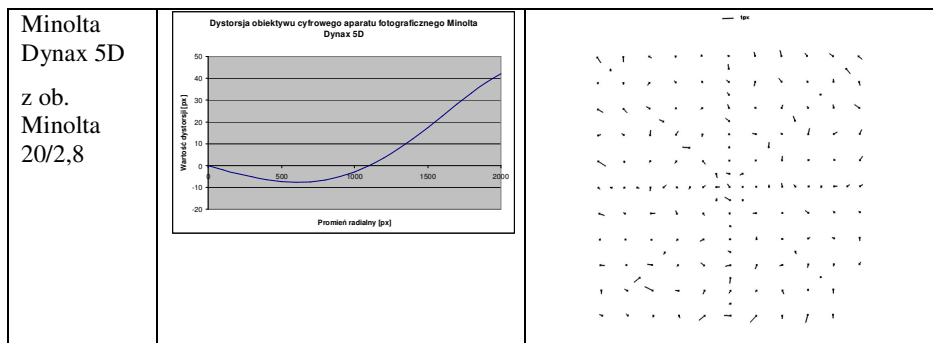
$x'$ ,  $y'$  – współrzędne obrazu odniesione do środka formatu

$R_0$  - promień normujący

Wieloletnia praktyka w kalibracji kamer niemetrycznych wykonywanych na AGH wykazała, że ten model jest najczęściej modelem optymalnym.

**Tab 2.** Dystorsja radialna obiektywu oraz błędy szczałkowe obrazu testowanych aparatów cyfrowych

Kamera	Wykres dystorsji radialnej	Szczałkowe błędy obrazu
Nokia 6280		
Olympus Camedia C120		



Jednak w przypadku obiektywu kamerki Nokii błędy szcążkowe obrazu po usunięciu dystorsji aproksymowanej tym modelem okazały się dość duże, bez usunięcia dystorsji odchylenie standardowe  $\sigma_0$  na zdjęciach wynosiło 0,59 piksela, po usunięciu spadło tylko do 0,43 piksela. Zwróciło również uwagę duże znaczenie drugiego parametru dystorsji radialnej; w odróżnieniu od obiektywów lepszej jakości, dla których można pominąć parametry wyższego niż trzeciego stopnia bez konsekwencji znacznego pogorszenia wyników. Próby modelowania błędów obrazu wielomianami innych postaci: zwiększenie ilości parametrów dystorsji radialnej o parametry wielomianu 7-go i 9-go stopnia, wykorzystanie 10-cio parametrowego modelu Browna (UM Orient), a wreszcie połączenie modelu Torlegarda i modelu Browna (UM Orient) nie poprawiały poziomu błędów szcążkowych obrazu. Dla porównania: dla aparatu Olympus Camedia C120 bez poprawienia dystorsji  $\sigma_0$  wyniosło 0,84 piksela, po uwzględnieniu spadło do 0,14 piksela. W Tabeli 2 umieszczono wykresy dystorsji radialnej trzech badanych obiektywów oraz rysunki rozkładu i wielkości błędów szcążkowych obrazu reprezentatywnych zdjęć spośród zestawu wykorzystywanego do kalibracji. Zwraca uwagę odmienny od pozostałych charakter krzywej dystorsji obiektywu Nokii 6280, gdzie mimo że wartości dystorsji w obrębie formatu użytecznego nie są duże, to wyraźnie niedostatecznie aproksymują trudno poddające się modelowaniu błędy obrazu. Podobny wykres dystorsji radialnej obiektywu aparatu Nokia 5140 otrzymali Agapiou i Georgeopoulos (Agapiou et al., 2006), co dowodzi stosowania standardowych dla tej firmy obiektywów.

Prawidłowość wykonanej kalibracji sprawdzona została pomiarem kontrolnym, polegającym na wyznaczeniu położenia punktów pola z wykorzystaniem pary lekko zbieżnych zdjęć. Pięć punktów pola zostało użytych jako fotopunkty, pozostałe – jako punkty kontrolowane, posłużyły one do wyznaczenia dokładności pomiaru fotogrametrycznego. W Tabeli 3 przedstawiono dokładności pomiaru na polu testowym z użyciem trzech badanych kamer.

**Tab 3.** Wyniki badania dokładności pomiaru fotogrametrycznego z użyciem testowanych aparatów cyfrowych

Kamera	Warunki wykonania pomiaru B [m]/Y [m]	Błędy prawdziwe na punktach kontrolowanych				Błąd względny M <sub>p</sub> /Y
		M <sub>X</sub> [mm]	M <sub>Y</sub> [mm]	M <sub>Z</sub> [mm]	M <sub>P</sub> [mm]	
Nokia 6280	2,7/3,3	1,75	1,02	1,74	2,67	1/1235
Olympus Camedia C120	3/5	0,64	2,50	0,92	2,75	1/1818
Minolta Dynax 5D z obiektywem Minolta 20/2,8	2,8/5	0,23	0,40	0,22	0,52	1/9615

Dokładność wyznaczenia przestrzennych współrzędnych ze zdjęć wykonanych Nokią 6280 okazuje się najniższa z badanych kamer, co jest oczywiste, zważywszy na jakość jej obiektywu, ale jest na tyle dobra, że kamerkę tę można używać do niektórych pomiarów fotogrametrycznych. Nieco lepsze rezultaty dokładnościowe w wyrównaniu sieci zdjęć z komórek otrzymali Grün i Akca (Grün et al., 2007), ale w badaniach testowych wykorzystywali wyrównanie sieci wielu zdjęć z samokalibracją oparte na wielu fopunktach, a także testowali aparaty lepszej jakości i o wyższej rozdzielczości.

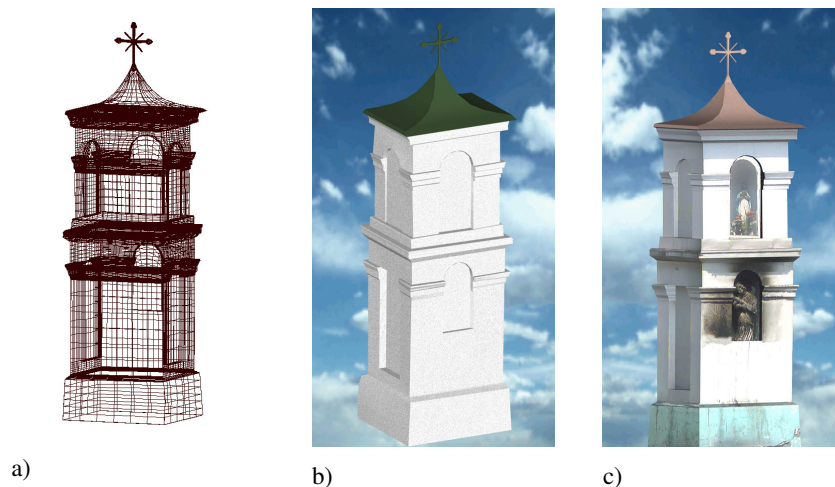
#### **4. ZASTOSOWANIE KAMERY APARATU TELEFONICZNEGO NOKIA 6280 DO POMIARU INWENTARYZACYJNEGO MAŁEGO OBIEKTU ARCHITEKTONICZNEGO.**

Wyniki testu dokładności opracowania pary zdjęć wykonanych kamerą telefonu komórkowego okazały się na tyle dobre, że uzasadniają wykorzystanie tego narzędzia do inwentaryzacji architektonicznej. Mała rozdzielczość kamery sprawia, że obiekt inwentaryzacji musi być niewielki, wtedy wielkość piksela terenowego umożliwi spełnienie wymagań dokładnościowych (Wytyczne Techniczne G-3.4, 1980).

Do opracowania wybrano zabytkową przydrożną kapliczkę przeznaczoną do gruntownego remontu. Postanowiono wykonać to opracowanie symulując „spontaniczną pasywną inwentaryzację” (określenie autorskie), a więc inwentaryzację bez punktów dostosowania. Modele zbudowane na podstawie wykonanych stereogramów zrekonstruowano w oparciu o wiązki promieni odtworzone za pomocą parametrów kalibracji oraz znajomość długości odcinka zobrazowanego na zdjęciach. Dla kontroli metrycznej rekonstrukcji obiektu pomierzono kilkanaście odcinków między dobrze zdefiniowanymi szczegółami kapliczki. Stereogramy wykonano z trzech stron obiektu, równoległe do ścian kapliczki (czwarta była niedostępna, zasłonięta gęstymi krzewami), z odległości dającej możliwie największą skalę zdjęć i równocześnie odwzorowanie całego obiektu. Bazy fotografowania były możliwie najdłuższe, ale zarazem umożliwiające uzyskanie efektu stereoskopowego.



Stereodigitalizację modeli uzyskanych ze zdjęć wykonano na autografii cyfrowym VSD AGH. Oprogramowanie VSD umożliwia wykonanie orientacji bezwzględnej modeli bez użycia fotopunktów, nosi ona nazwę orientacji bezwzględnej etapami (Wróbel *et al.*, 2007). Pierwszym krokiem w tej orientacji było nadanie skali utworzonemu po orientacji wzajemnej modelowi, na podstawie znajomości długości odcinka pomierzonego na modelu i na obiekcie. W drugim etapie zdefiniowano jedną z osi układu przez wskazanie punktów znajdujących się na prostej ją określającej lub płaszczyznę odniesienia przez wskazanie co najmniej trzech punktów należących do niej. Trzeci i zarazem ostatni etap to wskazanie kierunku osi układu. Po tych czynnościach modele były gotowe do wektoryzacji.



Rys.4. Wizualizacja 3D kapliczki a) model szkieletowy, b) model pokryty teksturami z biblioteki AutoCAD-a, c) fotorealistyczny model pokryty teksturami ze zdjęć.

Zapisany w formacie DXF rysunek 3D każdego modelu wczytano do programu AutoCAD, gdzie skompletowano model szkieletowy kapliczki (Rys.4a). Polegało to na połączeniu sąsiadujących modeli, uzgodnieniu styków, domknięciu powierzchni, skontrolowaniu zbiegania się krawędzi w odpowiednich narożnikach. Kompletny model szkieletowy został pokryty teksturami z biblioteki AutoCAD-a (Rys. 4b) oraz teksturami wyciętymi ze zdjęć (Rys. 4c). Niestety, bardzo zła jakość zdjęć w cieniach uniemożliwiła wizualizację 3D małej rzeźby znajdującej się we wnętrzu kapliczki, została ona jedynie „wklejona” jako zdjęcie. Wykonanie dodatkowych stereogramów detali zapewne pozwoliłoby na uzupełnienie wirtualnego modelu.

Prawidłowość kompletnego modelu 3D sprawdzono przez pomiar odcinków kontrolnych, różnice między miarami bezpośrednimi a miarami z modelu nie przekroczyły 2 cm, co jest wynikiem zadawalającym dla tego typu obiektu.

## 5. PODSUMOWANIE

Wykonane badania testowe aparatu fotograficznego telefonu komórkowego Nokia 6280 udowodniły przydatność tego typu kamer do pomiarów fotogrametrycznych, jakość geometrycznego odwzorowania wiązki tą kamerą pozwala na pomiary z dokładnością względną powyżej 1/1000. W porównaniu do aparatu kompaktowego o podobnych parametrach obiektywu i matrycy zauważa się jednak znacznie większe błędy szcztkowe obrazu oraz gorszą jego jakość, co jest efektem znacznego stopnia kompresji JPEG-a i niskiej czułości matrycy. Mimo tych wad, wykonany wirtualny model 3D kapliczki oznacza się poprawnością metryczną i wizualną. Opracowanie wykonano przy minimum prac terenowych, wykorzystując jedynie długość pomierzonego bezpośrednio w terenie odcinka oraz przynależność punktów obiektu do linii poziomych, pionowych lub płaszczyzn.

W ostatnim czasie zauważa się gwałtowny rozwój kamer cyfrowych będących na wyposażeniu telefonów komórkowych. Można przewidywać, że ich jakość w niedalekiej przyszłości dorówna jakości tańszych aparatów kompaktowych, co będzie równoznaczne z wyparciem tych ostatnich z rynku. Już teraz coraz więcej komórek jest wyposażonych w szklane obiektywy, matryce o rozdzielczości 3-5 megapikseli i karty pamięci o dużej pojemności. Zatem spontaniczna pasywna inwentaryzacja architektoniczna może dostarczać materiałów do wizualizacji wielu ciekawych obiektów, których mała wartość zabytkowa i peryferyjne umiejscowienie narażają je na zapomnienie.

## 6. LITERATURA

Agapiou A., Georgeopoulos A., 2006. Photogrammetric Potential of Digital Camera in Handheld Gadgets for Digital Close Range Application. *The 7<sup>th</sup> International Symposium od Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage VAST*, Cypr. <http://public-repository.epoch-net.org/publications/VAST2006/project0.pdf>

Boroń A., Tokarczyk R., 1999. Ocena dokładności rekonstrukcji obiektu z wykorzystaniem aparatu cyfrowego Kodak DC 260. *Zeszyty Naukowe AGH, Półrocznik Geodezja*

Brown, D. C. 1971. Close-range camera calibration. *Photogrammetric Engineering*, 37(8)

Fraser C. S., 1980. Accuracy aspects of multiple focal setting self-calibration applied to non-metric camera. *Papers 14<sup>th</sup> Congress of the International Society of Photogrammetry, Commission V, Hamburg 1980*

Grün A., Akca D., 2007. Mobile Photogrammetry. *Dreiländertagung SGPBF, DGPF und OVG, Muttenz, Switzerland, June 19-21, DGPF Tagungsband 16 / 2007* [http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/devrim/2007CH\\_Gruen\\_and\\_Akca\\_Handy\\_Muttenz07\\_pressVer.pdf](http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persons/devrim/2007CH_Gruen_and_Akca_Handy_Muttenz07_pressVer.pdf)

Kolecki J., Tokarczyk R., 2007. Automatyczna identyfikacja punktów pola testowego AGH z wykorzystaniem pakietu MATLAB. *Skróty referatów IV Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformacyjne „Geoinformatyka – badania, zastosowania i kształcenie”*, Dobczyce k. Krakowa, 11-13 października 2007 [http://home.agh.edu.pl/~zfiit/symposium2007/Dobczyce\\_2007\\_streszczenia.pdf](http://home.agh.edu.pl/~zfiit/symposium2007/Dobczyce_2007_streszczenia.pdf)

Tokarczyk R., Boroń A., 2000. Badanie cyfrowych aparatów fotograficznych dla potrzeb fotogrametrii bliskiego zasięgu. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol.10*

- Tokarczyk R., Mitka M., 2002. Badanie fotogrametrycznego systemu trójwymiarowego pozycjonowania ciała dla celów rehabilitacji leczniczej. *Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja T.8, Zeszyt 1*
- Tokarczyk R., 2007. Kalibracja kamer metrycznych i niemetrycznych (analogowych i cyfrowych) bliskiego zasięgu .<http://home.agh.edu.pl/~tokarcz/>
- Wikipedia. 2007: [http://en.wikipedia.org/wiki/Camera\\_phone](http://en.wikipedia.org/wiki/Camera_phone)
- Wróbel A., Blicharz M., Lisowska-Woś A., Kubica M., 2007. Uwagi o biernej fotogrametrycznej inwentaryzacji zabytków wykonywanej przez fotografów amatorów. *Skróty referatów IV Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformacyjne „Geoinformatyka – badania, zastosowania i kształcenie”*, Dobczyce k. Krakowa, 11-13 października 2007 [http://home.agh.edu.pl/~zfiiit/sympozjum2007/Dobczyce\\_2007\\_streszczenia.pdf](http://home.agh.edu.pl/~zfiiit/sympozjum2007/Dobczyce_2007_streszczenia.pdf)
- Wytyczne techniczne G-3.4, 1980. Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych, zespołów zieleni i obiektów architektury .*Główny Urząd Geodezji i Kartografii*
- UM Orient. Orient, User Manual, TU Wien

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.459

#### **APPLICATION OF MOBILE DIGITAL CAMERA IN 3D VISUALISATION OF SHRINE**

KEY WORDS: Mobile telephon, close-range photogrammetry, camera calibration, 3D visualization

SUMMARY: This paper describes all work leading to 3D visualisation of shrine in Krakow with the use of digital camera equipped in fixed-focus lens and 2 Mpix CMOS sensor built in Nokia 6280 mobile phone. They were preceded by the study of photogrammetric suitability of the camera on special test field used for close-range cameras, and the results were compared with two other digital cameras: compact free focus Olympus Camedia C120 digital camera and Minolta Dynax 5D digital SLR camera equipped with 20 mm lens. Despite poor modelling of lens distortion in Nokia 6280 digital camera, an absolute accuracy of 1/1230 was achieved using photogrammetric intersection. This result enables the use of this camera as a tool for various measurement issues. A 3D visualisation of shrine with as few as possible field works was an example of such issue. Based on images, photogrammetric models were built and vectorised using VSD software and stage-absolute orientation of photogrammetric models. Further development was carried out using AutoCAD software. A wireframe model was covered with photo-realistic and user-defined textures. Control of constructed model was based on a comparison of segments measured in the field and on the model. It showed that accuracy of photogrammetric measurement is sufficient for this type of object.

Dr inż. Regina Tokarczyk  
tokarcz@agh.edu.pl  
(012)617-22-88

Mgr inż. Jakub Kolecki  
kolecki@agh.edu.pl

Piotr Tokarczyk:  
ptokarczyk@wmgalicja.krakow.pl