



## Określanie zakresu wykorzystania modeli stereoskopowych naziemnych zdjęć cyfrowych do odtwarzania wnętrza pomieszczeń

BARTŁOMIEJ KRASZEWSKI

Instytut Geodezji i Kartografii, Zakład Fotogrametrii, 02-679 Warszawa, ul. Modzelewskiego 27  
bartlomiej.kraszewski@igik.edu.pl

**Streszczenie.** W artykule przedstawiona została technologia modelowania wnętrza pomieszczeń z zastosowaniem par stereoskopowych naziemnych obrazów cyfrowych. Do przykładowego opracowania wykorzystano 5-megapikselowy aparat cyfrowy Minolta A1, który skalibrowano z wykorzystaniem testu 2D. Zakres przeprowadzonych badań obejmował przygotowanie niemetrycznego aparatu cyfrowego do pomiaru fotogrametrycznego, orientację par stereoskopowych naziemnych obrazów cyfrowych oraz proces odtworzenia poszczególnych elementów pomieszczenia, z wykorzystaniem pomierzonego na zorientowanych stereogramach zbioru punktów 3D. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że naziemne zobrazenia cyfrowe można zorientować wzajemnie z dokładnością 0,3 piksela matrycy obrazującej, a błąd orientacji bezwzględnej nie przekroczył wartości trzech pikseli terenowych. Stwierdzono również, że przy zastosowaniu zbioru punktów 3D uśrednionych z pomiarów na wielu modelach stereoskopowych możliwe jest odtworzenie wnętrza budynku wraz ze znajdującymi się w nim przedmiotami z dokładnością  $\pm 3,8$  mm.

**Słowa kluczowe:** fotogrametria naziemna, modelowanie wnętrza, modele stereoskopowe, orientacja zobrażeń, modele 3D

### 1. Wstęp

Współczesne narzędzia i metody pomiarowe fotogrametrii bliskiego zasięgu wykorzystuje się przeważnie w inwentaryzacji obiektów zabytkowych [3] i modelowaniu 3D miast [4]. Obrazy cyfrowe pozwalają na dokładne odtworzenie wszystkich detali obiektów, a uzyskana z nich tekstura dodaje im realizmu.

Obecnie na rynku dostępnych jest wiele tanich, kompaktowych aparatów cyfrowych, charakteryzujących się dobrymi parametrami technicznymi. Można je z powodzeniem wykorzystać do dokładnych opracowań fotogrametrycznych. Aparaty te powinny charakteryzować się możliwością ręcznego ustawienia powiększenia i ogniskowania obiektywu. Pozwala to na zapewnienie niezmienności orientacji wewnętrznej podczas wykonywania zdjęć. Tego rodzaju aparat kompaktowy poddany procesowi kalibracji, poparty profesjonalnym oprogramowaniem, staje się dokładnym narzędziem pomiarowym, wykorzystywanym w wielu współczesnych dziedzinach gospodarki narodowej.

Na podstawie przeglądu publikacji krajowych i zagranicznych można stwierdzić, że fotogrametria bliskiego zasięgu znajduje wiele różnorodnych zastosowań, m.in. do opracowania elewacji budynków, obserwacji przemieszczeń obiektów, inwentaryzacji zabytków i wielu innych. Jednak niewiele publikacji opisuje próby zastosowania obrazów z aparatów cyfrowych do odtworzenia wnętrzb budynków użyteczności publicznej i prywatnych, stanowiących integralną część informacji przestrzennej o obiekcie [2]. Modele takie w istotny sposób wspomagałyby działy obsługi technicznej obiektów czy pozwoliły na analizowanie bezpieczeństwa przeciwpożarowego lub antyterrorystycznego. Możliwe byłoby również ich wykorzystanie do przeprowadzania różnego rodzaju prostych obliczeń kubaturowych czy powierzchniowych, np. wyliczenia kosztu mycia okien w budynku.

Wobec rosnącego zainteresowania fotogrametrycznymi metodami pomiarowymi w usprawnieniu codziennego funkcjonowania organizacji publicznych i prywatnych, w roku 2009 w Zakładzie Fotogrametrii IGiK podjęto tematykę badawczą związaną z metodyką modelowania przestrzeni 3D wnętrzb.

Zakres prac obejmował opracowanie sposobów odtworzenia różnego typu elementów pomieszczeń, jak również na związanej z nimi tematyce pozyskania i przygotowania zobrazowań do etapu pomiarowego (kalibracja kamer, orientacja obrazów). W treści tego artykułu przedstawione zostaną wyniki zastosowania modeli stereoskopowych obrazów z amatorskich aparatów cyfrowych do odtwarzania wnętrzb pomieszczeń. Jako wnętrze testowe wykorzystano część laboratorium Zakładu Fotogrametrii IGiK.

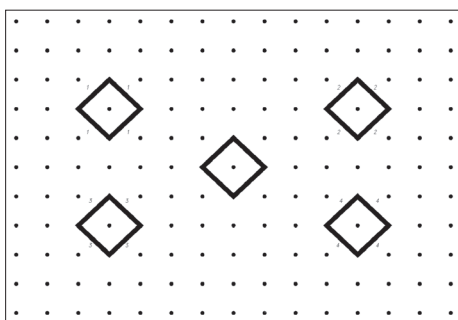
## 2. Kalibracja aparatu cyfrowego

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano 5-megapikselowy kompaktowy aparat cyfrowy Minolta A1 z matrycą CCD o rozmiarze  $8,80 \times 6,60$  mm i obiektywem 7,2-50,8 mm (28-200 mm dla matrycy małoobrazkowej). Umożliwia on wykonanie zobrazowań w formacie TIFF o maksymalnej rozdzielczości  $2560 \times 1920$ , co daje wielkość piksela matrycy  $3,5 \mu\text{m}$ . Dla zachowania powtarzalności rejestrowanych obrazów, w aparacie wyłączono autofokus,

a ogniskowanie ustawiono na nieskończoność. Rejestrację scen wykonywano z ogniskową ustawioną na najmniejszą wartość 7,2 mm.

Do wykonania poprawnej orientacji par stereoskopowych obrazów naziemnych potrzebna jest znajomość elementów orientacji wewnętrznej aparatu cyfrowego. Są nimi: odległość obrazowa ( $C_K$ ), współrzędne punktu głównego zdjęcia ( $X_p$ ,  $Y_p$ ) oraz współczynniki dystorsji radialnej ( $K_1$ ,  $K_2$ ) i tangencjalnej ( $P_1$ ,  $P_2$ ), wyznaczane podczas procesu kalibracji z wykorzystaniem pola testowego. Pole testowe może być płaskie lub trójwymiarowe.

Kalibrację aparatu Minolta A1 przeprowadzono w oprogramowaniu PI-Calib firmy Topcon, dostępnej na internetowej stronie producenta. Do kalibracji wykorzystano test 2D w postaci planszy, dostarczonej wraz ze wspomnianym oprogramowaniem, którą wydrukowano i umieszczono na tablicy w taki sposób, aby dokładnie przylegała do całej jej powierzchni. Wygląd testu przedstawiony został na rysunku 1.

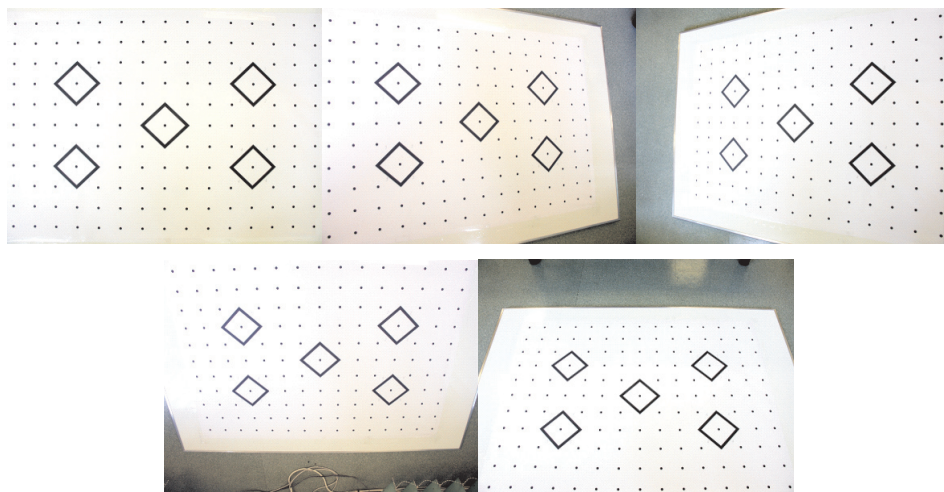


Rys. 1. Test kalibracyjny

Następnie wykonano serię pięciu zdjęć, które zorientowano zgodnie z opisem zamieszczonym w instrukcji programu (rys. 2).

Pomiar znaczków na teście kalibracyjnym wykonano metodą półautomatyczną poprzez wskazanie przez użytkownika czterech skrajnych punktów znajdujących się w czworobokach. Użytkownik podaje ich przybliżone położenie, tym samym określa zgrubną orientację obszarów poszukiwań dla innych znaczników. Po zaznaczeniu wspomnianych wcześniej punktów na wszystkich pięciu obrazach oraz wyznaczeniu przybliżonych obszarów położenia kolejnych znaczników program przystępuje do automatycznego wyszukiwania środków znaczników i wyliczenia elementów orientacji wewnętrznej.

W wyniku przeprowadzonego procesu kalibracji uzyskano elementy orientacji wewnętrznej aparatu cyfrowego Minolta A1, których wartości przedstawiono poniżej:

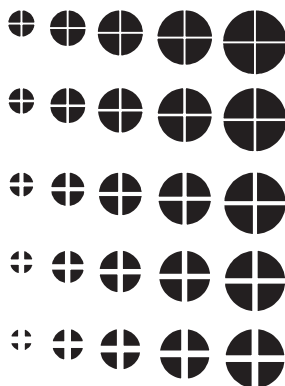


Rys. 2. Zdjęcia testu wykonane dla różnych kątów wychylenia aparatu cyfrowego

Ogniskowa	7,7919 mm
$X_p$	4,6757 mm
$Y_p$	3,3066 mm
Parametry dystorsji	
$K_1$	0,0035131
$K_2$	-0,000048135
$P_1$	0,00011622
$P_2$	0,0017840

### 3. Osnowa fotogrametryczna

Dla poprawnej orientacji par stereoskopowych naziemnych obrazów cyfrowych należało rozmieścić w pomieszczeniu testowym osnowę pomiarową. Składa się ona z fotopunktów sygnalizowanych, których położenie można jednoznacznie określić, niezależnie od skali i orientacji wykonanych zobrazowań. Stworzono zatem próbną tablicę z punktami sygnalizowanymi o różnej wielkości znaku i grubości linii wewnętrznych (elementy tablicy przedstawiono na rysunku 3). Następnie wykonano serię zdjęć tablicy z różnej odległości i dla różnych orientacji kamery pomiarowej. Celem tego działania było określenie standardowego punktu sygnalizowanego, dla którego będzie możliwe jednakowe określenie położenia przy różnych skalach i różnej orientacji zdjęć. W tabeli 1 poniżej zestawiono wykonane obrazy testu.



Rys. 3. Tablica z testowanymi punktami osnowy sygnalizacyjnej

TABELA 1

Zestawienie zdjęć tablicy punktów sygnalizowanych, wykonanych dla różnych skal i orientacji aparatu cyfrowego

		Odległość od tablicy		
		1 m	2 m	3 m
Zdjęcie normalne				

Po przeanalizowaniu wykonanych zobrażeń wybrano punkt sygnalizowany o największej średnicy koła oraz o najgrubszej linii wewnętrznej (położony w dolnym prawym rogu testu). Wybrany punkt powielono i rozmieszczono w 54 miejscach pomieszczenia testowego jako osnowa pomiarowa (rys. 4). Współrzędne fotopunktów pomierzono geodezyjnie w układzie lokalnym z dokładnością  $\pm 4$  mm.



Rys. 4. Rozmieszczenie punktów osnowy pomiarowej w pomieszczeniu testowym

#### 4. Orientacja naziemnych obrazów cyfrowych

W celu zminimalizowania efektu rozmycia obrazu naziemne zdjęcia wykonano ze stabilnego statywu z wykorzystaniem samowyzwalacza. Parametry ekspozycji zdjęć dobierano w zależności od warunków oświetlenia sceny oraz charakteru obiektów będących w zasięgu kadru. W wyznaczeniu odpowiednich parametrów pomocna okazała się możliwość obserwacji histogramu fotografowanej sceny na wyświetlaczu aparatu. Zobrazowania, tworzące pary stereoskopowe, wykonano w takiej samej skali oraz przy zachowaniu równoległości osi optycznej kamery dla poszczególnych par (zdjęcia normalne). Wartości te minimalnie odbiegały od wartości teoretycznych. Do wygenerowania modeli stereoskopowych zobrażeń

naziemnych wykorzystano oprogramowanie Summit Evolution firmy DATEM. Wykonano orientację szesnastu par obrazowań, obejmujących kolejne szczegóły pomieszczenia testowego.

#### 4.1. Orientacja wzajemna

Orientację wzajemną poszczególnych par obrazowań wykonano na co najmniej 13 pomierzonych manualnie punktach wiążących. Automatyczny pomiar punktów wiążących był niemożliwy z powodu ubogiej tekstury zdjęć. Punkty wiążące zasygnalizowano na charakterystycznych elementach pomieszczenia testowego, takich jak: narożniki mebli, obrazy, plakaty, przyciski itp.

Przeciętny błąd pomiaru punktów wiążących na modelach stereoskopowych wyniósł 1  $\mu\text{m}$ . Stanowił on 0,3 wielkości piksela matrycy. Maksymalna wartość paralaksy na pojedynczym punkcie dowiązania nie przekroczyła 2,2  $\mu\text{m}$ . Wyniki orientacji wzajemnej dla poszczególnych par zdjęć przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Dokładność orientacji wzajemnej poszczególnych par obrazowań

Model	Liczba punktów	Paralaksa [ $\mu\text{m}$ ]	Max. paralaksa [ $\mu\text{m}$ ]
01~02	20	0,88	1,7
02~03	24	0,85	1,82
03~04	23	1,00	1,94
04~05	27	1,10	2,09
05~06	19	1,07	1,77
06~07	20	1,22	1,87
07~08	20	1,03	1,93
09~10	20	1,10	2,07
11~12	20	0,92	1,68
13~14	20	1,08	2,17
15~16	20	0,67	1,66
17~18	20	0,86	1,94
19~20	20	1,04	2,00
21~22	20	1,09	1,94
23~24	20	1,12	2,02
25~26	13	1,10	1,84

## 4.2. Orientacja bezwzględna

Orientację bezwzględną zobrażeń wykonano na podstawie pomiarów fotopunktów założonej osnowy fotogrametrycznej. Średnio na każdą parę stereoskopową przypadło 10 fotopunktów, natomiast na każdym zobrażeniu zaznaczono co najmniej sześć. W tabeli 3 zestawiono wyniki orientacji bezwzględnej poszczególnych par stereoskopowych.

TABELA 3

Dokładność orientacji bezwzględnej poszczególnych par zobrażeń

Model	Liczba fotopunktów	$m_x$ [mm]	$m_y$ [mm]	$m_z$ [mm]	$m_p$ [mm]
01~02	6	0,4	1,0	0,8	1,3
02~03	9	1,8	2,3	0,9	3,0
03~04	10	0,9	2,3	0,7	2,6
04~05	11	1,3	2,2	0,8	2,7
05~06	9	0,4	1,8	0,7	2,0
06~07	8	0,6	1,6	0,6	1,8
07~08	6	0,7	1,6	0,7	1,9
09~10	12	5,1	1,1	1,7	5,5
11~12	13	2,8	0,8	0,9	3,0
13~14	14	3,8	1,9	2,6	5,0
15~16	15	3,2	4,4	1,7	5,7
17~18	7	1,5	1,4	1,1	2,3
19~20	10	2,9	3,5	1,2	4,7
21~22	8	3,7	2,9	1,3	4,9
23~24	13	1,4	4,4	1,0	4,7
25~26	7	1,1	4,2	0,6	4,4

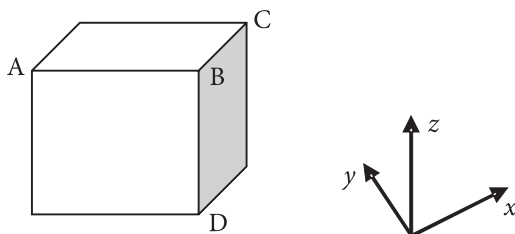
Wartości błędów orientacji bezwzględnej dla poszczególnych par stereoskopowych wynosiły między 1,3-5,7 mm. Uzyskane błędy nie przekroczyły jednak przyjętego błędu granicznego 6 mm, stanowiącego potrójną wartość piksela terenowego.



## 5. Odtworzenie wnętrza pomieszczeń

Zorientowane modele stereoskopowe posłużyły do wykonania pomiaru wszystkich charakterystycznych elementów pomieszczenia. Pomierzono wierzchołki i krawędzie znajdujących się we wnętrzu testowym mebli, ścian, obrazów, infrastruktury technicznej i teleinformatycznej. Pomiar punktów i krawędzi wykonano na każdej parze zobrazowań, a współrzędne odpowiadających sobie punktów wyznaczonych z różnych stereogramów uśredniono. Główny wpływ na dokładność identyfikacji szczegółów pomieszczenia podczas stereodigitalizacji miała uboga tekstura obrazów oraz zaokrąglone wierzchołki większości przedmiotów.

Z uśrednionego zbioru punktów przestrzennych wybrano grupy punktów, leżących współpłaszczyznowo lub współliniowo. Następnie, dla odpowiednich grup punktów, uśredniono wartości współrzędnych płaskich ( $x$ ,  $y$ ) lub wysokościowych ( $z$ ). Sposób uśrednienia współrzędnych przedstawiono na przykładzie bryły z rysunku 5. Punkty A, B, C leżą w tej samej płaszczyźnie horyzontalnej. Przyjmujemy więc, że będą miały tę samą współrzędną wysokościową (wartość współrzędnej wysokościowej uśredniona z trzech punktów), zgodnie z orientacją układu. Punkty B i D leżą natomiast na prostej prostopadłej do płaszczyzny ABC, czyli ich współrzędne płaskie będą jednakowe (wartość współrzędnych  $x$ ,  $y$  uśredniona z dwóch punktów). Stosując zaproponowane zasady wyznaczania położenia punktów, zachowane zostają proporcje między poszczególnymi elementami.

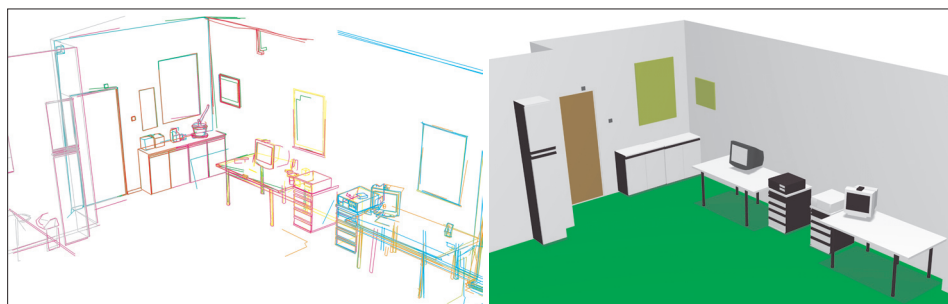


Rys. 5. Przykład wyznaczania współrzędnych brył w modelu

Wykorzystując dane pomierzone na stereogramach, można odtworzyć elementy mające kształt walca. W tym celu należy wykreślić dwie linie stanowiące boki przekroju osiowego bryły. Przy stereodigitalizacji linii bocznych przekroju osiowego należy linie te dowiązać do jednej (w przypadku braku widoczności drugiej podstawy) lub dwóch podstaw walca. W przypadku nóg stołu, które zamodelowano w pomieszczeniu testowym, linie przekrojów osiowych dowiązано do dolnej krawędzi nogi, a wysokość walca określano do blatu stołu, zamodelowanego z innej grupy punktów (rys. 6). Łącząc dwa końce odcinków, można wyznaczyć współrzędne środka i promień podstawy. Podstawa i linie przekroju osiowego pozwalają z użyciem narzędzi środowiska CAD odtworzyć kształt walca.



Rys. 6. Sposób wyznaczania linii bocznych przekroju walca



Rys. 7. Krawędzie i punkty zdigitalizowane z modeli stereoskopowych przez operatora (po lewej) oraz model odtworzonych elementów pomieszczenia testowego (po prawej)

Często podczas odtwarzania przestrzeni trójwymiarowej z modeli stereoskopowych niektóre elementy widoczne są tylko częściowo. Przysłaniają je inne obiekty lub umieszczone są w miejscach niedostępnych. W takich przypadkach możliwe jest wykorzystanie widocznych punktów danego przedmiotu do odtworzenia niewidocznych elementów, biorąc pod uwagę zależności między liniami lub płaszczyznami oraz podobieństwo części obiektu. Przykładem takiego odtworzenia jest np. zamodelowany monitor, którego umiejscowienie nie pozwala na pełną obserwację punktów 3D. Do odtworzenia drugiej strony monitora wykorzystano więc odbicie lustrzane widocznych na modelach stereoskopowych punktów przez płaszczyznę prostopadłą do ekranu.

Przy zastosowaniu narzędzi CAD i punktów pozyskanych z pomiarów fotogrametrycznych możliwe jest również odtworzenie łuków. W tym celu należy pozyskać początkowy, jeden wewnętrzny i końcowy punkt łuku.

Podjęto również próbę przeprowadzenia automatycznej korelacji obrazów testowych, ale w związku z ubogą teksturą uzyskiwano więcej punktów obarczonych błędami grubymi, niż właściwych pomiarów.

Proces modelowania przestrzennego elementów pomieszczenia testowego przeprowadzono w programie MicroStation, wykorzystując narzędzia do tworzenia linii, krzywych, powierzchni i brył. Odpowiednim elementom nadano kolorystykę zgodną z rzeczywistością i zgrupowano w pojedyncze przedmioty pomieszczenia, np. monitor czy szafkę.

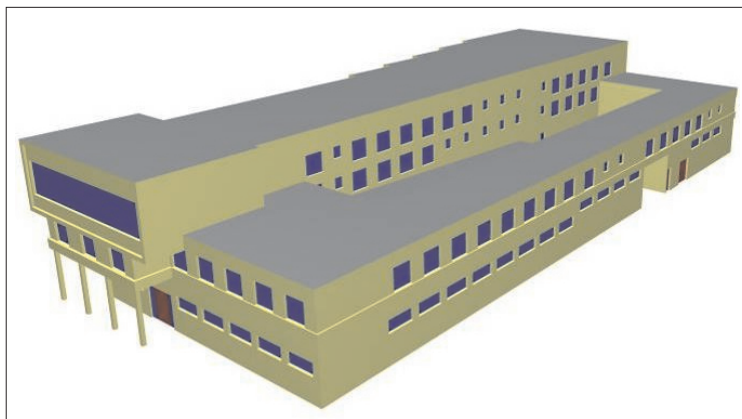
Model 3D pomieszczenia testowego został stworzony z wykorzystaniem uśrednionego zbioru punktów 3D, uzyskanego z pomiarów stereoskopowych. Odtworzony model 3D sprawdzono poprzez porównanie rzeczywistych długości pomierzonych w pomieszczeniu i na modelu. Na podstawie wyliczonych różnic odległości obliczono wartość błędu średniego rzeczywistego odwzorowania modelu, wynoszącą  $\pm 3,8$  mm.

## 6. Wykorzystanie modeli pomieszczeń

Modele pomieszczeń są integralną częścią modelu budynku, składającego się również z zamodelowanej elewacji zewnętrznej. Te dwa połączone ze sobą modele nazywamy modelem informacji o budynku (z ang. BIM — *Building Information Model*). Do tworzenia takich struktur danych trójwymiarowych możemy wykorzystać nie tylko pomiary z obrazów stereoskopowych, ale również odtworzyć go z wykorzystaniem dostępnych planów architektonicznych, chmury punktów wykonanej naziemnym skanerem laserowym [1] lub pomiarów tachimetrycznych.

Posiadając dwa modele odtworzone dwiema różnymi technikami, można dokonać ich wzajemnej integracji. Na przykład model budynku IGiK, odtworzony z dokładnością  $\pm 10$  mm na podstawie planów architektonicznych i wpasowany na podstawie ortofotomapy w układ 1992 (rys. 8), oraz model pomieszczenia wykonany techniką fotogrametryczną.

Integrację obu modeli można przeprowadzić w oprogramowaniu MicroStation, używając narzędzi obrotu i translacji. Do połączenia należy wykorzystać elementy dostosowania, np. okna występujące na dwóch integrowanych obiektach. W rozpatrywanym przypadku należy tylko pomierzyć lub odczytać z planu głębokość okien i przesunąć o tę wielkość środki okien modelu zewnętrznego. Na tak wyznaczone punkty, z wykorzystaniem wspomnianych narzędzi CAD, można wpasować stworzony model wewnętrzny.



Rys. 8. Model budynku IGiK wykonany w programie MicroStation

Opisany powyżej przykład integracji obrazuje, w jak prosty sposób można uzupełnić już istniejący model elewacji budynku, a jednocześnie transformować model odtworzonego wnętrza do państwowego układu współrzędnych.

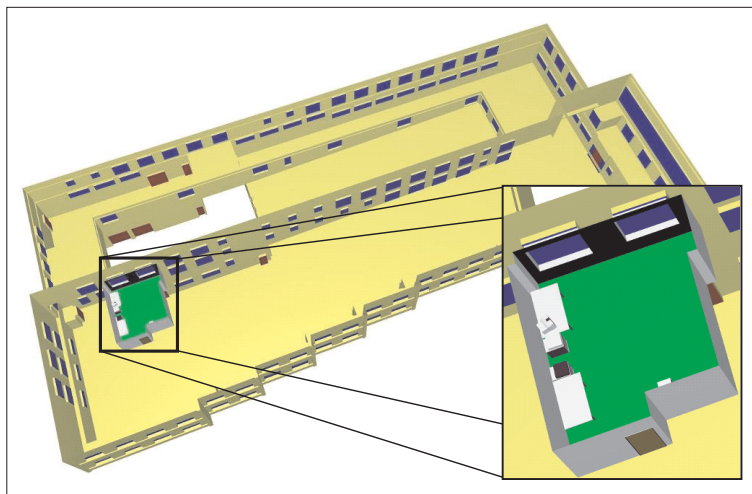
Modele pomieszczeń można także wykorzystać do:

- prostych obliczeń liniowych, powierzchniowych i kubaturowych,
- celów planistycznych,
- interaktywnej inwentaryzacji,
- integracji z relacyjnymi bazami danych,
- planowania bezpieczeństwa przeciwpożarowego i antyterrorystycznego.

## 7. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy zastosowaniu do rejestracji scen poprawnie skalibrowanego aparatu cyfrowego, zachowującego stałość elementów orientacji wewnętrznej, możliwa jest orientacja wzajemna zarejestrowanych obrazów z dokładnością 0,3 piksela obrazowego, a wykonanie orientacji bezwzględnej z dokładnością nie przekraczającą wartości błędu granicznego  $\pm 6$  mm.

Na podstawie rezultatów uzyskanych w wyniku zastosowania zaproponowanego rozwiązania można stwierdzić, że wykorzystując dane z pomiarów fotogrametrycznych oraz narzędzia środowiska CAD, można wiernie odtworzyć przestrzeń trójwymiarową pomieszczeń. Przestrzeń ta powstała na podstawie uśrednionego z pomiarów na wielu stereogramach zbioru punktów 3D. Uśrednienie obserwacji pozwala na eliminację negatywnie wpływającego na pomiar stereoskopowy charakteru odtwarzanych obiektów (uboga tekstura, zaokrąglenia wierzchołków).



Rys. 9. Zintegrowany model zewnętrzny i wewnętrzny budynku Instytutu Geodezji i Kartografii

W wyniku zastosowania opisanej w artykule metodyki odtworzono z dokładnością  $\pm 3,8$  mm model 3D części laboratorium Zakładu Fotogrametrii IGiK.

Odtworzone z wykorzystaniem fotogrametrii cyfrowej numeryczne modele pomieszczeń mogą z powodzeniem służyć do uzupełnienia już istniejących zewnętrznych modeli 3D miast. Ich wzajemną integrację można przeprowadzić z użyciem narzędzi CAD.

Artykuł wpłynął do redakcji 5.07.2010 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w sierpniu 2010 r.

#### LITERATURA

- [1] J. A. BERARDIN, M. PICARD, S. EL-HAKIM, G. GODIN, E. PAQUET, S. PETERS, M. RIOUX, V. VALZANO, A. BANDIERA, *Combining 3D Technologies for Cultural Heritage Interpretation and Entertainment*, SPIE: Electronic Imaging, 2005, Videometrics IX. San Jose, California, USA.
- [2] O. A. KHALIL, M. N. EL DIN, P. GRUSSENMEYER, *3D Indoor Modeling of Buildings Based on Photogrammetry and Topological Approaches*, CIPA 2001 International Symposium, University of Potsdam, Germany.
- [3] M. KOSECKA, R. TOKARCZYK, *Propozycja ekonomicznej metody fotogrametrycznej inwentaryzacji zabytków polskiej wsi z wykorzystaniem do rejestracji cyfrowych aparatów fotogrametrycznych*, *Geodezja*, 11, 2, 2005, 281-289.
- [4] E. TUNC, F. KARSLI, E. AYHAN, *3d City Reconstruction by Different Technologies to Manage and Reorganize The Current Situation*, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35, Part B4, 2004, 443-448.

B. KRASZEWSKI

**Estimation of the utilization range of the stereo model of terrestrial digital images for interiors modelling**

**Abstract.** In the article, the technology of elaboration of terrestrial stereo models of objects interior was presented. In the test, a 5-megapixels digital camera Minolta A1 which was calibrated with the use of the field test 2D was used. The preparation of the non-metric camera to photogrammetric tasks, realization of absolute orientation of stereo models of terrestrial images, as well as reproducing the details of the room interior with use of a set of points 3D measured on these models were made. On the basis of the analysis of the test results it was affirmed that the relative orientation accuracy is 0.3 pixel of the source image and accuracy of the absolute orientation was not larger than 3 GSD. It was also found that using the average 3D set of points measured on many terrestrial stereo models, the modelling building interiors with accuracy of 3.8 mm is possible.

**Keywords:** close range photogrammetry, interior models, stereoscopic models, images orientation, 3D models