

Dariusz Gąsior

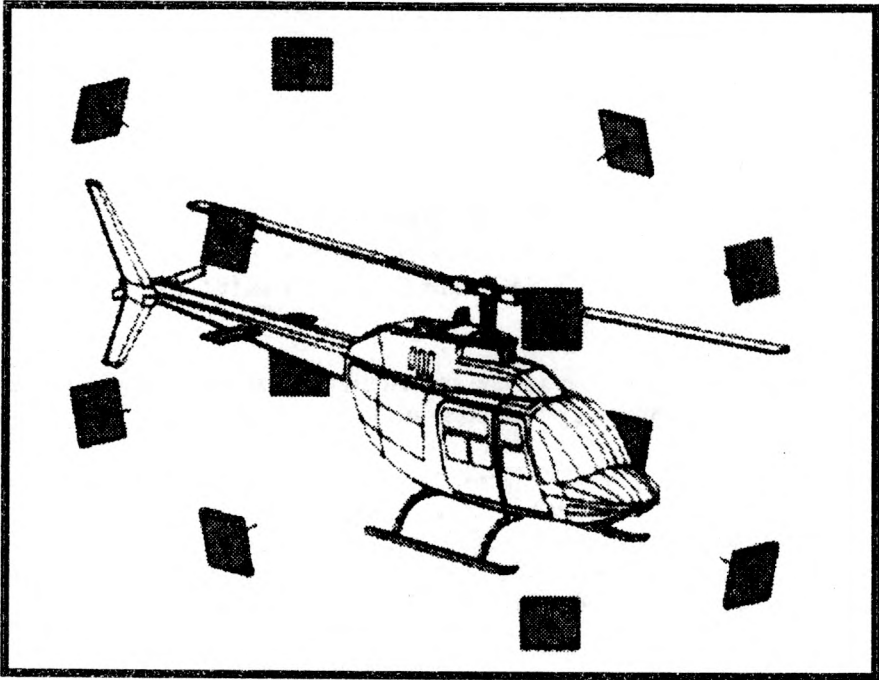
## **ROLLEIMETRIC CDW - CYFROWY SYSTEM FOTOGRAMETRII BLISKIEGO ZASIĘGU**

### **1. Wstęp – różnice między systemem fotogrametrii bliskiego zasięgu RolleiMetric CDW a tradycyjnymi metodami fotogrametrycznymi**

System RolleiMetric CDW (Close-range Digital Workstation) jest dalszym rozwinięciem powstałego w latach osiemdziesiątych systemu fotogrametrycznego RolleiMetric MR2. W odróżnieniu od swojego poprzednika jako materiał do pomiarów fotogrametrycznych system RolleiMetric CDW nie używa analogowych fotografii, orientowanych i mierzonych przez obserwatora na stole digitalizacyjnym lecz obrazy cyfrowe mierzonego obiektu uzyskane w wyniku np. zeskanowania negatywu lub diapozytywu.

W tradycyjnej fotogrametrii wykorzystuje się najczęściej w pomiarach stereopary tj. pary zdjęć stereoskopowych oraz ludzką zdolność widzenia trójwymiarowego – widzenia stereoskopowego. System RolleiMetric CDW wykorzystujący w swoim działaniu metodę niezależnych wiązek w porównaniu z innymi systemami fotogrametrycznymi dostępnymi na rynku wykazuje następujące zalety:

- istnieje niemal swobodny wybór stanowisk kamery do wykonywania zdjęć, wybór stanowiska wykonywania zdjęć można dostosować do miejscowych warunków (jest to szczególnie korzystne przy pracy w trudnych warunkach np. zdjęcia wewnątrz obiektu, ograniczona przestrzeń, przeszkody w wizurze);
- nie ma potrzeby wykonywania zdjęć stereoskopowych lub zachowania określonej ich konfiguracji np. w przybliżeniu równoległych kierunków wykonywania zdjęć pomiarowych;
- system umożliwi wykorzystywanie w tym samym projekcie kilku kamer pomiarowych różniących się np. formatem, obiektywem itp.;
- system zapewnia możliwość przenoszenia plików wynikowych systemu RolleiMetric CDW do popularnych systemów CAD takich jak AutoCAD (Autodesk) i MicroStation (Bentley) w celu dalszej edycji;
- system RolleiMetric CDW używa obrazy cyfrowe zapisane w formatach popularnych dla wszystkich innych programów do obróbki zdjęć w systemie Windows np. Adobe PhotoShop, CorelPhoto itp.;
- nie jest potrzebna bardzo często wymagana od operatora zdolność widzenia stereoskopowego;
- nie jest potrzebne zatrudnianie operatorów ze specjalnym przeszkoleniem fotogrametrycznym;



Rys. 1: Dzięki zastosowaniu metody niezależnych wiązek, system RolleiMetric CDW umożliwia niemal swobodny wybór punktu wykonywania zdjęć i ich konfigurację.

## 2. Cechy charakterystyczne i możliwości systemu RolleiMetric CDW

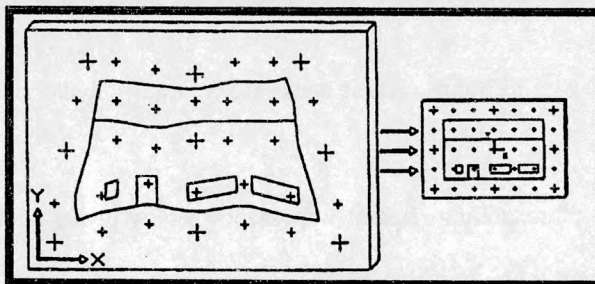
System RolleiMetric CDW pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Windows95 lub Windows NT na komputerach typu PC. Najbardziej rozpowszechniona wśród klientów firmy Rollei wersja oprogramowania systemu o nazwie RolleiMetric CDW PLUS 750 umożliwia między innymi:

- symultaniczne wykorzystanie w jednym projekcie do ośmiu różnych typów kamer pomiarowych różniących się formatem zdjęcia, obiektywem itp.;
- wykorzystaniem w jednym projekcie do 50 zdjęć pomiarowych tj. ich orientacji i wyrównania stworzonego przez nie bloku metodą niezależnych wiązek;
- automatyczną orientację wewnętrzną poprzez automatyczny pomiar siatki réseau;
- wyrównanie bloku zdjęć metodą niezależnych wiązek oprogramowaniem PROMPT (Professional Orientation Using Modern Parameter Estimation) z automatyczną detekcją błędów oraz możliwością autokalibracji parametrów kamer pomiarowych i narzucaniu dodatkowych parametrów wejściowych;
- jednoczesnego wyznaczenia do 17000 punktów pomiarowych na zdjęciach;
- automatyczne wyznaczanie stanowisk kamer pomiarowych bez potrzeby wprowadzania współrzędnych przybliżonych oraz prowadzenie automatycznego szkicu rozmieszczenia kamer pomiarowych w momencie fotografowania;

- przestrzenny pomiar punktów i linii pomiarowych obiektu (w celu zminimalizowania możliwości błędu interpretacyjnego wyświetlane są linie epipolarne);
- superpozycja (nałożenie przestrzenne) grafiki na obrazie cyfrowym (umożliwia kontrolę stanu wykonanych prac pomiarowych);
- inteligentne zarządzanie obrazami cyfrowymi wchodzącymi w skład projektu, funkcje powiększania zdjęcia roboczego (zoom);
- transfer wyników do systemu CAD z zachowaniem trójwymiarowych współrzędnych punktów pomiarowych.

### 3. Kamery pomiarowe systemu Rolleimetric CDW:

System Rolleimetric CDW umożliwia wykorzystania całej gamy kamer pomiarowych przygotowanych przez firmę Rollei wykorzystujących szeroki wybór wymiennych obiektywów a różniących się formatem zdjęć. Każda kamera pomiarowa oraz obiektyw pomiarowy jest wyposażony w firmie Rollei co dwa lata w protokół kalibracyjny. Cechą charakterystyczną dla kamer pomiarowych systemu Rolleimetric jest zabudowana na stałe przed płaszczyzną filmu wysoce precyzyjna płytka z siatką réseau. Siatka réseau umożliwia wyznaczenie orientacji wewnętrznej kamery pomiarowej, niwelację błędu niedostatecznej płaskości filmu, odkształcania się filmu w czasie wywołania, dystorsji użytego obiektywu itp.

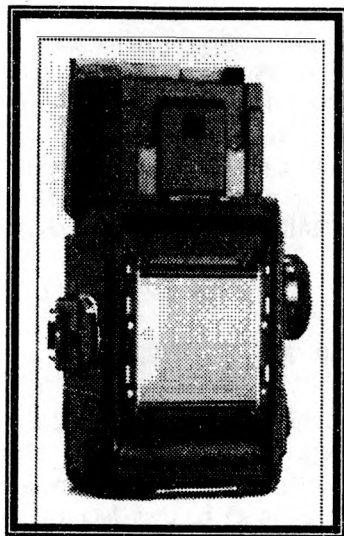


Rys. 2: Zasada działania siatki réseau – eliminacja deformacji obrazu.

#### 3.1. Obiektywy pomiarowe dostępne w systemie Rolleimetric:

Wszystkie obiektywy pomiarowe dla firmy Rollei produkuje firma Carl Zeiss. W tej chwili na rynku dostępne są następujące obiektywy metryczne:

Dla kamery Rolleiflex 3003 metric	Dla kamery Rolleiflex 6006 metric
Distagon 3,5/15 mm	Distagon 4/40 mm
Distagon 4/18 mm	Distagon 4/50 mm
Distagon 2/28 mm	Distagon 3,5/60 mm
Distagon 1,4/35 mm	Planar 2,8/80mm
Planar 1,8/50mm	Makro-Planar 4/120mm
Makro-Planar 2,8/60mm	Sonnar 4/150mm
Planar 2,8/135mm	Sonnar 5,6/250mm
Sonnar 2,8/135mm	Tele-Tessar 5,6/350mm



Rys. 3: Kamera pomiarowa Rolleiflex 6006 metric z wbudowaną siatką réseau.

### 3.2. Kamery pomiarowe systemu RolleiMetric wykonujące zdjęcia analogowe:

#### Rolleiflex 3003 metric

Format zdjęcia 24mmx36mm, aparat wyposażony jest w płytkę siatki réseau z 35 krzyżami (5x7).

#### Rolleiflex 6006 metric

Format zdjęcia 60mmx60mm, aparat wyposażony jest w płytkę siatki réseau z 121 krzyżami (11x11).

Zdjęcia analogowe z obu przykładowych kamer pomiarowych w celu opracowania w systemie RolleiMetric CDW muszą zostać poddane numeryzacji w skanerze. Praktyka wykazała, że aby osiągnąć zadawalające pod względem dokładnościowym rezultaty analogowe zdjęcia powinny być zeskanowane z ok. 1000dpi (dla dia 24mmx36mm).

### 3.3. Kamery numeryczne systemu RolleiMetric wykonujące obrazy cyfrowe:

#### RolleiMetric ChipPack

Cyfrowa kamera metryczna zbudowana w oparciu o kamerę Rolleiflex 6008 (body) wyposażona w sensor CCD (czarno/biały) 2048x2048 pikseli o wielkości 15µm pokrywający format 30mmx30mm.

#### Rollei Q16 MetricCamera

Wysokorozdzielcza cyfrowa kamera pomiarowa, nowość wśród kamer Rollei'a, zbudowana w oparciu o kamerę Rolleiflex 6008 (body) ale wyposażona w wysokorozdzielczy sensor CCD (czarno/biały) 4096x4096 pikseli o wielkości 15µm pokrywający format 60mmx60mm. Kamera Rollei Q16 MetricCamera wykorzystywana

jest głównie w fotogrametrii przemysłowej do pomiaru odkształceń np. anten satelitarnych w firmie Siemens.



Rys. 4: Cyfrowa kamera pomiarowa Rollei Q16 MetricCamera z wysokorozdzielczym sensorem CCD.

Obrazy cyfrowe z obu przykładowych kamer pomiarowych mogą zostać bezpośrednio przesłane do systemu komputerowego poprzez interface SCSI lub, najczęściej, zostają zapisane na nośniku typu Jaz o pojemności 1GB. Zapis pojedynczego obrazu w kamerze Rollei Q16 MetricCamera trwa ok. 10-15 sekund.

#### 4. Etapy opracowania fotogrametrycznego przy użyciu systemu RolleiMetric CDW

- załadowanie obrazów cyfrowych do systemu:

Operator wybiera serię obrazów cyfrowych obiektu pomiarowego oraz informuje system CDW jaką kamerą pomiarową zostały one wykonane

- automatyczna orientacja wewnętrzna obrazów cyfrowych:

Orientacja wewnętrzna zostaje wyznaczona na podstawie automatycznego pomiaru krzyży siatki réseau, operator jest zobowiązany pomierzyć jedynie kilka charakterystycznych krzyży siatki (min. 4 w centrum obrazu cyfrowego) a pozostałe krzyże są poddane pomiarowi automatycznemu. Po zakończeniu pomiaru automatycznego system podaje dokładność wyznaczenia orientacji wewnętrznej lub prosi obserwatora o dokonanie korekty pomiarów punktów siatki trudnych do automatycznego pomiaru.

- zdefiniowanie układu pomiarowe, pomiar punktów dostosowania:

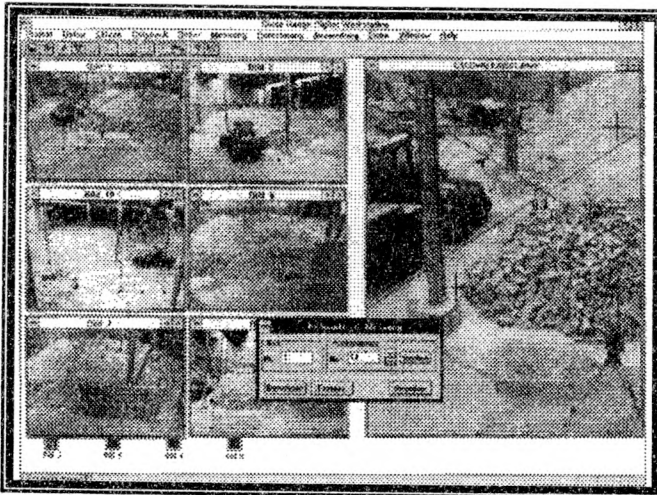
Minimalna konfiguracja elementów definiująca układ pomiarowy dla systemu RolleiMetric CDW to jedna długość pomierzona w terenie dla wyznaczenia skali fotogramu, jeden punkt o pełnych współrzędnych (X,Y,Z), jeden P-punkt (X,Y) i jeden Z-punkt (Z). Operator mierzy kolejno na każdym obrazie cyfrowym punkty kontrolne o znanych współrzędnych terenowych oraz dodatkowe punkty pomiarowe służące do powiązania obrazów cyfrowych w jednolity blok pomiarowy (minimum 10-12 punktów na każdym obrazie cyfrowym)

- wyznaczenie orientacji absolutnej dla każdego obrazu cyfrowego i jednoczesne wyrównanie bloku obrazów wchodzących w skład projektu:

Wyrównanie bloku obrazów metodą niezależnych wiązek przebiega w dwóch etapach, w pierwszym etapie system wyrównawczy stara się wykryć błędne obserwacje dając szansę operatorowi dokonania korekty a następnie w drugim etapie system wyznacza elementy orientacji dla każdego obrazu oraz podaje informacje o dokładności wyrównania na punktach kontrolnych.

- pomiar współrzędnych przestrzennych dodatkowych punktów pomiarowych na zorientowanych obrazach cyfrowych:

W celu pomierzenia dodatkowego punktu pomiarowego operator musi pomierzyć ten sam punkt na minimum trzech obrazach cyfrowych. W celu zminimalizowania błędów interpretacji po każdym pomiarze na następnych obrazach system pokazuje promienie homologiczne wyznaczające dany punkt pomiarowy. Operator może kontrolować stan zawansowania dodatkowych pomiarów dzięki superpozycji grafiki na obrazach cyfrowych.



Rys. 5: Typowy ekran pomiarowy systemu RolleiMetric CDW – widoczne w oknie pomiarowym promienie homologiczne wyznaczające przypuszczalne położenie punktu pomiarowego, pomierzonego już na dwóch innych obrazach cyfrowych (okno pomiarowe pierwsze z prawej).

- transfer danych graficznych i numerycznych do systemów CAD:

Wszystkie numeryczne rezultaty pracy tj. elementy orientacji, współrzędne punktów itp. system RolleiMetric CDW zapisuje w plikach tekstowych natomiast rezultaty graficzne w formacie DXF przy zachowaniu pełnej trójwymiarowości współrzędnych umożliwia to dalszą obróbkę danych w systemach CAD takich jak AutoCAD lub MicroStation.

## 5. Oprogramowanie dodatkowe dostępne do systemu CDW i dalsza ewaluacja systemu

Pakiet systemu RolleiMetric oprócz oprogramowania wchodzącego w skład systemu Rollei Metric CDW obejmuje szereg programów rozszerzających jego możliwości. Cechą charakterystyczną wszystkich dodatkowych produktów jest pełna kompatybilność formatów z formatem systemowych plików CDW co umożliwia wykorzystanie np. wyznaczonych w CDW parametrów orientacji wewnętrznej do przetwarzania obrazów w innych programach wchodzących w skład pakietu systemu RolleiMetric. Wszystkie programy pracują pod kontrolą systemu Windows 95/Windows NT na komputerach klasy PC.

Program RolleiMetric MSR – program do przetwarzania obrazów cyfrowych, przetwarza obraz cyfrowy rzutując go na płaszczyznę wyznaczoną przez minimum cztery punkty o znanych współrzędnych 2D (odpowiednik IrasC firmy Intergraph).

Program RolleiMetric MSR<sup>3D</sup> – program do przetwarzania obrazów cyfrowych, przetwarza obraz cyfrowy rzutując go na płaszczyznę wyznaczoną przez minimum cztery punkty o znanych współrzędnych przestrzennych. Dodatkowa funkcja: mozaikowanie obrazów przetworzonych.

Program RolleiMetric OrthoImage – program do przetwarzania obrazów cyfrowych na ortofoto.

Program RolleiMetric Atlas – program do obliczania numerycznego modelu terenu.

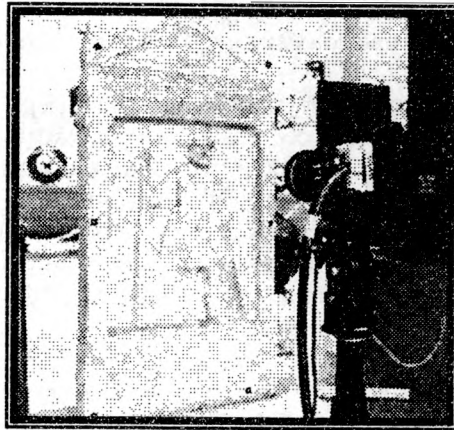
Program RolleiMetric CDW-Industry -- mutacja systemu RolleiMetric CDW przygotowana specjalnie do celów automatycznego pomiarów kształtów powierzchni ich odkształceń itp. Cechą charakterystyczną dla tej odmiany pakietu CDW jest to, że wykonuje ona automatyczne pomiary współrzędnych przestrzennych punktów kontrolnych definiujących daną powierzchnię sygnalizowanych specjalnymi, kodowanymi markami pomiarowymi bez jakiegokolwiek ingerencji obserwatora.

Firma Rollei pracuje w dalszym ciągu nad ulepszeniem istniejącej wersji systemu fotogrametrii bliskiego zasięgu RolleiMetric CDW. W niedługiej przyszłości nastąpi połączenie systemu pozyskiwania współrzędnych na drodze fotogrametrycznej ze standardowymi systemami CAD takimi jak AutoCAD lub MicroStation. System RolleiMetric CDW będzie współpracował z systemem CAD jako inteligentna nakładka programowa. Pierwsza wersja nowego systemu RolleiMetric działająca w ten sposób jest

testowana obecnie w firmie Rollei jako Beta-wersja, a oficjalny jej pokaz planowany jest przez firmę Rollei na jesień 1998 roku.

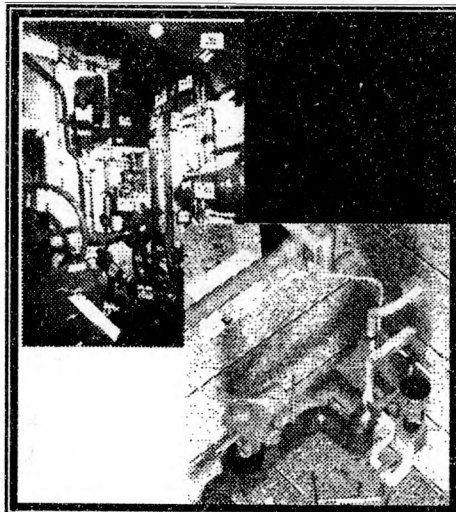
#### 6. Najczęstsze dziedziny zastosowania systemu RolleiMetric CDW:

- dokumentacja zabytków i obiektów architektonicznych:



Rys. 6: Cyfrowa kamera pomiarowa Rollei ChipPack w akcji – dokumentacja rzymskich płaskorzeźb.

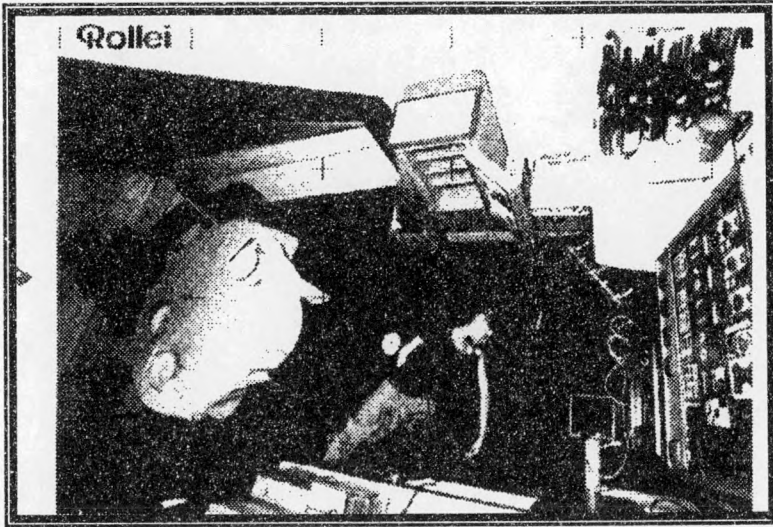
- dokumentacja 'as-built' infrastruktury przemysłowej:



Rys. 7: Zdjęcie z systemu RolleiMetric CDW (górną) oraz przestrzenna wizualizacja pomiarów w MicroStation (dół).



- kryminalistyka:



Rys. 8: Zdjęcie z systemu Rolleimetric CDW dokumentujące miejsce przestępstwa.

- wizualizacja przestrzenna i animacja komputerowa.

## 7. Podsumowanie

System fotogrametrii bliskiego zasięgu Rolleimetric CDW jest przedstawicielem coraz większej rodziny systemów dla fotogrametrii naziemnej i przemysłowej reprezentowanej przez takie produkty jak system Leitz Elcovision czy niemiecki Fidias. Dzięki odejściu od tradycyjnych dla tych systemów pomiarów współrzędnych na digitajzerach na rzecz fotogrametrii cyfrowej praca z systemem Rolleimetric CDW stała się łatwiejsza, szybsza i dokładniejsza. Program CDW wraz z pakietem programów rozszerzających jego możliwości o np. ortofoto, numeryczny model terenu umożliwia zastosowanie systemu Rolleimetric w wielu dziedzinach fotogrametrii naziemnej i przemysłowej.

W celu uzyskania dodatkowych informacji o produktach systemu Rolleimetric prosimy o kontakt z autorem niniejszego artykułu lub z przedstawicielstwem firmy Rolleimetric na Polskę firmą:

BKR International  
Geodezja i Planowanie Sp. z o.o.  
01-702 Warszawa, ul. Ogólna 7/2  
tel./fax (0049-22) 834 73 18

Recenzował: prof. dr hab. inż. Jerzy Bernasik