

# KAMERY CYFROWE



ZŹRÓDŁO: MGGP, RADIOW RGB

Spośród sprzedanych na świecie blisko 200 egzemplarzy cyfrowych kamer fotogrametrycznych, jedna już „lata” w polskiej firmie. Choć jej zakup to wydatek ok. miliona euro, to jednak technologia, w jakiej działa, warta jest każdej złotówki.

## MAREK PUDŁO

Fotogrametryczne kamery cyfrowe wykorzystują rozwijaną od kilku lat i już dość zaawansowaną technologię obrazowania barwnego na matrycach CCD (Charge Coupled Devices). Tablice takie wypełnione są prawie w całości elementami światłoczułymi. Materiałem tym jest krzem, a co za tym idzie CCD jest zdolne obrazować w zakresie panchromatycznym, w barwach rzeczywistych czy w bliskiej podczerwieni. Zarejestrowana przez sensor intensywność docierającej energii świetlnej jest w kolejnym kroku przetwarzana na widmo elektromagnetyczne (np. dla barw rzeczywistych będą to przedziały odpowiadające barwom podstawowym – niebieskiej, zielonej i czerwonej). Sensor CCD ma dużo większą czułość niż tradycyjna klisza fotograficzna. Może zarejestrować dla każdego kanału 12 bitów (8 bitów film), co w efekcie daje łatwiejsze obrazowanie kontrastowych obiektów (np. jasnego budynku i rzucanego cienia). Lotnicze kamery cyfrowe mogą pracować na dwa sposoby.

Pierwszy to koncepcja skanera elektrooptycznego, w którym sensorem jest linijka czułych detektorów CCD. Obraz powstaje w sposób ciągły zgodnie z ruchem samolotu. Na zdolność rozdzielczą obrazów ma wpływ liczba czułych elementów w linijce CCD. Na rynku są już linijki, które posiadają do 12 000 elementów. Dzięki tej liczbie przy zastosowaniu w kamerze tylko jednego obiektywu otrzymuje się obrazy

o rozdzielczości zbliżonej do klasycznego zdjęcia lotniczego. Takie podejście stosowane jest w instrumencie Leica ADS40, w którym użyto skanera z trzema linijkami detektorów. W czasie jednego lotu otrzymuje się trzy obrazy stereoskopowe (z obrazowania „do przodu”, w „nadirze” i „wstecz”). Jeden obiektyw to także łatwość uzyskiwania obrazów wielospektralnych z identyczną geometrią, z których powstaje dobra kompozycja barwna. Trochę bardziej skomplikowany jest za to postprocessing obrazów, ponieważ każdy z nich ma inną geometrię niż tradycyjne zdjęcie i dodatkowo konieczne jest uwzględnienie rejestracji trajektorii lotu i kątów nachylenia, potrzebnych do poprawienia zniekształceń obrazów spowodowanych ruchem samolotu. Należy podkreślić, że misje fotolotnicze z wykorzystaniem tego typu kamer mogą być tańsze ze względu na większą zdolność rozdzielczą linijki CCD i związane z tym obrazowanie szerszego pasa terenu przy konkretnym terytorium wymiarze piksela.

Drugi rodzaj kamer fotogrametrycznych bazuje na koncepcji z prostokątną matrycą sensorów CCD. Jest to cyfrowa odmiana tradycyjnej kamery fotograficznej. Rozwiązanie to jest o wiele prostsze w konstrukcji, a zobrazowania nią wykonane mogą być opracowywane w istniejących liniach technologicznych. Sporą niedogodnością jest natomiast rozmiar i rozdzielczość dostępnych matryc CCD. By choć zbliżyć się do jakości zdjęć klasycznych, konstruktorzy stosują podejście wielomodułowe – montują kilka głowic optycznych, każda

z własnym obiektywem i tablicą CCD. Ich pola widzenia zachodzą na siebie, a wynikowy obraz powstaje poprzez złożenie zdjęć z poszczególnych głowic. Kamery takie mają przeważnie gorszą rozdzielczość geometryczną, ale za to nie wymagają obligatoryjnego instalowania modułu GPS/INS (choć zwykle i tak moduł ten jest instalowany). Każda musi być wyposażona w system kompensacji rozmazania obrazu spowodowanego ruchem samolotu. Modułowość kamer z matrycami prostokątnymi to spora zaleta. Użytkownik może dopasować ją do specyficznych wymagań i, co istotne, jest w stanie rozłożyć w czasie rozbudowę kamery i związane z tym koszty. Do tej grupy zaliczamy pozostałe modele przedstawione w tabeli.

Właściwie, poza ceną zakupu (półtora raza wyższą niż kamery analogowej), cyfrowa kamera lotnicza ma same zalety. Wyeliminowany jest film i kosztowna obróbka laboratoryjna, a w dalszym etapie czasochłonne skanowanie wywołanych zdjęć lotniczych. Obrazy cyfrowe charakteryzują się znacznie lepszym zakresem dynamicznym i rozdzielczością radiometryczną – wynik to bardziej efektywna rozróżnialność obiektów o dużym kontraście oraz lepsza reprodukcja barw. Używając cyfrowych kamer lotniczych, dużo łatwiej wykonuje się zobrazowania wielospektralne. Niebanalna zaleta to bieżący podgląd zdjęć. Operator może w każdej chwili ocenić jakość wykonanego zdjęcia i zdecydować o powtórnym nalocie. Obrazy zapisywane są przez rejestrator na dyskach o ogromnych pojemnościach, które są często wymienne. Przeciętnie mieszczą 2000-3000 ujęć, co odpowiada mniej więcej 1000-1500 zdjęciom klasycznym.

O licznych zaletach cyfrowych kamer fotogrametrycznych mogą przekonać się tylko najbogatsze na świecie przedsiębiorstwa fotolotnicze. Technologia ta jest bardzo droga, a producenci sprzedają rocznie zaledwie około 20 sztuk tego sprzętu. W tym roku do Polski trafił pierwszy egzemplarz – kamerę DMC Z/I Imaging kupiła firma MGGP z Tarnowa [GEODETA 8/2007].

Tabela na s. obok uzupełniona przez polskich dystrybutorów sprzętu. ■



Marka	Intergraph Z/I Imaging	Leica Geosystems	Vexcel Imaging GmbH
Model	DMC	ADS40 2 generacja	UltraCam-X
<b>Koncepcja konstrukcji</b>			
typu skaner elektrooptyczny	nie	tak	nie
typu kadrowego	tak	nie	tak
<b>Kamera typu skaner elektrooptyczny</b>			
Ogniskowa obiektywu, jasność	nie dotyczy	62,5 mm, 1:4.0	nie dotyczy
Liczba linii CCD panchro	nie dotyczy	2 (plus 2 przesunięte)	nie dotyczy
Liczba linii CCD wielospektralnych	nie dotyczy	8	nie dotyczy
Liczba pikseli w linii CCD	nie dotyczy	12 000	nie dotyczy
Wymiar piksela	nie dotyczy	6,5 µm	nie dotyczy
Zdolność rozdzielcza obiektywu	nie dotyczy	130 par linii/mm	nie dotyczy
Kąty wcięć stereo	nie dotyczy	10° (nadir-wstecz), 40° (nadir-do przodu)	nie dotyczy
Pole widzenia (w poprzek lotu) [°]	nie dotyczy	64	nie dotyczy
<b>Kamera typu kadrowego</b>			
<b>Główce panchromatyczne</b>			
liczba głowic	4	nie dotyczy	4
ogniskowa, jasność	120 mm, 1:4.0	nie dotyczy	100 mm, 1:5.6
liczba matryc CCD	4	nie dotyczy	9
kąt widzenia obrazu finalnego: (w poprzek lotu x w kierunku lotu)	69,3° x 42°	nie dotyczy	55° x 37°
format ramki tłowej	brak danych	nie dotyczy	103,9 x 67,8 mm
wymiar obrazu finalnego	7680 x 13 824 pikseli	nie dotyczy	14 430 x 9420 pikseli
wymiary piksela	12 µm	nie dotyczy	7,2 µm
<b>Główce wielospektralne</b>			
liczba głowic	4	nie dotyczy	4
ogniskowa, jasność	25 mm, 1:4.0	nie dotyczy	33 mm, 1:4.0
kąt widzenia obrazu finalnego: (w poprzek lotu x w kierunku lotu)	69,3° x 42°	nie dotyczy	55° x 40°
format ramki tłowej	brak danych	nie dotyczy	34,7 x 23,9 mm
wymiar obrazu	3000 x 2000 pikseli	nie dotyczy	4992 x 3328 pikseli
wymiary piksela	12 µm	nie dotyczy	7,2 µm
<b>Czas otwarcia migawki</b>	1/50-1/300 s	brak danych	1/32-1/500 s
<b>Zakresy spektralne</b>			
panchromatyczny [nm]	brak danych	465-680	410-690
kanal czerwony [nm]	590-675	608-662	580-700
kanal zielony [nm]	500-650	533-587	480-630
kanal niebieski [nm]	400-580	428-492	410-570
kanal podczerwony [nm]	675-850 lub 740-850 (inne filtry na życzenie)	833-887	690-1000
System kompensacji rozmazania (FMC)	TDI	nie dotyczy	TDI
Cykl pracy kamery	1 klatka na 2,1 s	1 linijka na 1,25 ms	1 klatka na 1,35 s
Najmniejszy piksel terenowy (dla danej wysokości lotu)	brak danych	brak danych	2,2 cm (300 m), 3,6 cm (500 m)
Szerokość pasa obrazowania (dla danej wysokości lotu)	brak danych	brak danych	1039 m (1000 m)
Rozdzielczość radiometryczna	12 bit	8 bit	13 bit
Jakość geometryczna	brak danych	1 µm	2 µm
Pomiar elementów orientacji zewnętrznej (system)	Applanix, IGI	Leica IPAS10 OEM	IGI (Aero-Control), Applanix (POS-AV) i inne
Pojemność pokładowych nośników pamięci (liczba klatek)	256 GB-1 TB (1000-3000), wymienne	0,9 TB (14 godzin lotu i rejestracji kanału panchromatycznego i multispektralnych z interwałem 2,5 ms)	nie limitowane, wymienne moduły po 1,7 TB (4000)
Zawieszenie (typ, stabilizacja)	T-AS	Leica PAV30	PAV-30, T-AS, GSM 3000 i inne
Format zapisu danych	TIFF, JPEG	TIFF, JPEG	TIFF, JPEG, Tiled TIFF
Sposób transferu danych	Fiber channel	brak danych	przeñośny serwer, wymiana modułu do zapisu zdjęć
Oprogramowanie do postprocessingu	Post Processing Server	Socet Set	OPC Image post-processing, UltraMap Serwer
Wymiary [cm]	brak danych	79 x 39 (wys. x śred.)	45 x 45 x 60
Masa kamery właściwej	88 kg	ok. 65 kg	45 kg
Masa pełnego zestawu kamery	136 kg	ok. 220 kg	95 kg
Zakres temperatur pracy	brak danych	od -20 do +55°C	od 0 do +60°C
Cena	brak danych	brak danych	brak danych
Dystrybutor	Intergraph Polska Sp. z o.o.	Leica Geosystems Sp. z o.o.	ECOGIS Sp. z o.o.