



# LATAĆ KAZDY MOŻE

FOT. JERZY KRÓLIKOWSKI

Bezzałogowe statki powietrzne (Unmanned Aerial Vehicle – UAV, po polsku – BSP) zrewolucjonizowały już współczesne pole bitwy. Teraz zmieniają oblicze teledetekcji i fotogrametrii.

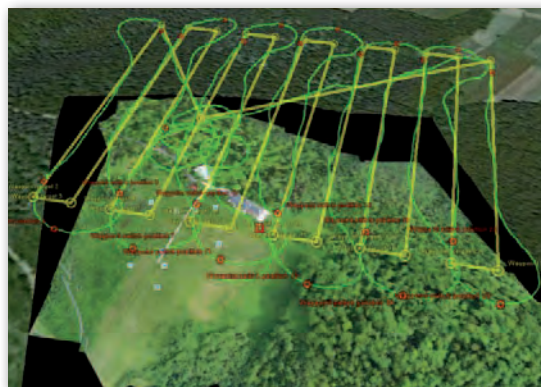
JERZY KRÓLIKOWSKI

Pierwszy samolot wzbił się w powietrze w 1903 r. w Stanach Zjednoczonych. Na dziewiczy lot maszyny bezzałogowej trzeba było czekać 13 lat. W 1916 roku angielski konstruktor Archibald Montgomery Low opracował maszynę ochrzczoną jako „Aerial Target”. Jak sama nazwa wskazuje, był to ruchomy cel, dzięki któremu brytyjska armia mogła bezpiecznie testować broń przeciwlotniczą. W tym samym roku inżynierowie pracujący po drugiej stronie Atlantyku skonstruowali Hewitt-Sperry Automatic Airplane – maszynę, która dzięki bazującemu na żyroskopach autopilotowi mogła przenosić i zrzucać bomby o wadze do 450 kg na odległość nawet 100 km.

Bezpilotowe maszyny latające z powodzeniem wykorzystywane były zarówno podczas pierwszej, jak i drugiej wojny światowej. Nie odegrały one jednak w tych konfliktach istotnej roli. Przełomem okazała się interwencja wojsk amerykańskich w Wietnamie. Wykorzysta-

no wówczas blisko 3,5 tys. maszyn typu UAV. Co więcej, po raz pierwszy użyto ich do celów wywiadowczych.

Choć konflikt zakończył się porażką USA, od tego momentu znaczenie tych samolotów szybko rosło. Co więcej, po zimnej wojnie znalazły również zastosowanie poza wojskiem. Na początek w służbach porządkowych, a później także w prywatnych przedsiębiorstwach. W Polsce z ich zalet korzystają już m.in. żołnierze, strażacy oraz policjanci.



Planowanie lotu samolotu Pteryx (widok w Google Earth)

BSP stały się dobrze rozwiniętą gałęzią lotnictwa. Do grupy tej zalicza się zarówno lekkie i małe modele tworzone przez hobbystów, jak i duże maszyny wojskowe. Np. amerykański Global Hawk może unosić się w powietrzu nawet 36 h, a X-51 lata z prędkością do 9,8 Macha.

## ● UAV DLA GEODETY?

W ciągu dwóch ostatnich dekad małe aparaty bezpilotowe stały się powszechne także wśród amatorów. Wystarczy wejść

na jedno z wielu polskich forów internetowych poświęconych modelarstwu, by przekonać się, jak łatwo można nabyć zdalnie sterowany model i jak duży jest ich wybór. Bardziej ambitni hobbysci decydują się na samodzielne konstruowanie BSP, a wielu dołącza do nich małe aparaty fotograficzne, by za ich pomocą wykonywać obrazy „z lotu ptaka”. Czemu więc nie wykorzystać takich modeli do naltów fotogrametrycznych?

FOT. TRIGGER COMPOSITES



Zalet takiego rozwiązania można wymieni wiele. Najważniejsza to niskie koszty. Nie potrzeba bowiem wyklądać milionów złotych na tradycyjny samolot, sprzęt fotogrametryczny, hektolitry paliwa, specjalne certyfikaty czy pensje dla pilotów. Badania Petera Johnsona przeprowadzone na Uniwersytecie Columbia wykazały, że wykonanie za pomocą BSP zdjęć dla 1 km kw. z reguły nie kosztuje więcej niż 5 dolarów. Mały UAV oferuje ponadto dużą elastyczność. Gdy chcemy wykonać nalot, wystarczy wyjść w pole, wypuścić maszynę z ręki (w przypadku większych modeli – ze specjalnej kaptuły). Gotowe zdjęcia otrzymujemy nawet w kilka minut po lądowaniu. Producenci BSP często chwalą także łatwość obsługi tego typu urządzeń. By dobrze nauczyć się jego obsługi, ponoć wystarczy jeden dzień szkolenia.

W teorii UAV prezentuje się znakomicie. W praktyce jego wykorzystanie rodzi jednak wiele problemów. Najważniejszy to metryczność zdjęć. Mała maszyna może bowiem nieść tylko mały aparat, który słabo nadaje się do wykonywania dokładnych obrazów lotniczych. Co więcej, z powodu niewielkiej wagi samolotu przy choćby umiarkowanym wietrze czy deszczu trudno z niego wykonywać pionowe obrazy. Kolejnym problemem jest także nalot dużych powierzchni.

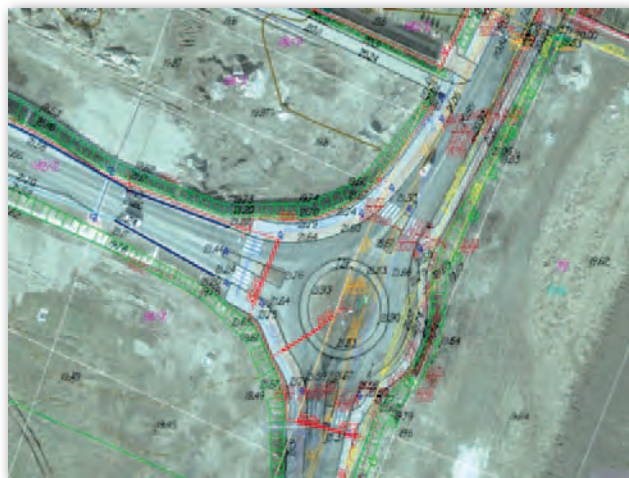
## ● NIE TYLKO ZDJĘCIE

W geodezji zalety bezpilotowych maszyn najwyraźniej przeważają nad wadami, bo oferta tego typu sprzętu jest coraz lepsza. Co można z ich pomocą osiągnąć? Sprawdziliśmy to na przykładzie 9 wybranych maszyn.

Podstawowym produktem, jaki można pozyskać za pomocą UAV, są pionowe zdjęcia lot-

nicze w barwach rzeczywistych. Z uwagi na niski pułap lotu oraz niewielki (jak na sprzęt fotogrametryczny) rozmiar matrycy, maszyny bezpilotowe wykonują z reguły obrazy w rozdzielczości kilkunastu cm dla kilku km kw. (przy jednorazowym nalocie). Producenci UAV z reguły unikają jednak podawania konkretnych możliwości fotogrametrycznych swoich maszyn. Wyjątkiem jest m.in. firma Taxus SI z Warszawy, która zapewnia, że dzięki AVI-1 w ciągu jednego nalotu można zobrazować około 4-5 km kw. w rozdzielczości 10-15 cm. Na specjalne życzenie rozdzielczość może wynieść także poniżej 10 cm.

Drugim efektem pracy UAV może być ortofotomapa. Tu jednak zaczynają się schody, gdyż z reguły maszyny tego typu nie dysponują kamerami fotogrametrycznymi. Wynikowa ortofotomapa w wielu przypadkach nie będzie więc dorównywać jakością opracowaniu wykonanemu z tradycyjnego samolotu. Oferta producentów w tym względzie znacznie się jednak poprawia. Dobrym przykładem jest model Gatewing X100, do którego dołączane jest specjalne oprogramowanie do obróbki fotogrametrycznej zdjęć. Jakość ortofotomap zwiększa się także dzięki coraz lepszym sensorom. Na początku pod samoloty bezpilotowe podczepiano zwykle aparaty cyfrowe (zwane pieszczotliwie „małpami”) – teraz coraz więcej producentów oferuje zdecydowanie bardziej profesjonalny



Opracowywanie mapy sytuacyjnej na podkładzie zdjęcia z modelu Microdrones MD4

i dokładniejszy sprzęt. Przykładem jest polski AV-32 z kamerą IGI DigiCAM 60.

Trzecie zastosowanie UAV to sporządzanie numerycznych modeli terenu na podstawie stereopar. Jak wykazały badania dr inż. Bogdana Szczechowskiego z Politechniki Gdańskiej, maszyny takie oferują w tym względzie bardzo dobre dokładności. We współpracy z firmą Microsystem wykazał on, że sprzęt ten pozwala na opracowanie NMT o dokładności pionowej nawet 2-5 cm. Podczas warsztatów „Innowacyjne technologie geodezyjne”, które dwa lata temu odbyły się w Gdańsku, przyznał jednak, że osiągnięcie tych wartości wymagało sporych wysiłków.

UAV dobrze sprawdza się także w prowadzeniu monitoringu w podczerwieni termalnej. Możliwość taką oferuje 6 z 9 prezentowanych w zestawieniu modeli. W najbliższych latach bezpilotowe maszyny z pewnością będą wykorzystywane również do skanowania laserowego. Spośród prezentowanych w zestawieniu samolotów na razie możliwość taką oferują jednak tylko dwa (AM-32 i DraganFly Tango), i to wyłącznie jako opcję. Głównym problemem przy budowaniu



Numeryczny model pokrycia terenu opracowany na bazie zdjęć z samolotu Pteryx

tego typu platform jest brak odpowiednich sensorów. Systemy skanowania nie dość, że są ciężkie, to zajmują wiele miejsca i mają duży pobór energii. Także i tu widać już jednak próby przewyższenia tych barier. Przykładem jest zaprezentowany w tym roku skaner Riegl VQ-480, który waży niecałe 10 kg.

## • CO NA TO PRAWO?

BSP do celów geodezyjnych to z reguły niewielkie samoloty, które startują z ręki lub niewielkiej katapulty. Może się więc wydawać, że prowadzenie nalotów z ich wykorzystaniem nie wymaga żadnych licencji i zezwoleń. Jak sprawy te reguluje prawo? Zapytaliśmy o to polskich dystrybutorów tego sprzętu. Jedni unikali odpowiedzi, inni twierdzili, że wymagane jest pozwolenie MSWiA, a jeszcze inni uważają, że maszynę taką można traktować jak hobbystyczny model – żadne zezwolenie nie jest więc potrzebne.

A nawet jeśli jest, to kto by ten obowiązek mógł egzekwować? Wszak maszyna taka na radarze prezentować się będzie podobnie do dużego ptaka (o ile w ogóle będzie widoczna). Jedno jest pewne – polskie przepisy są w tej kwestii niejednoznaczne. Wyjątkiem są samoloty o wadze powyżej 30 kg. Tu sprawa jest jasna – operator takiej maszyny musi posiadać specjalną licencję.

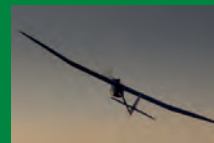
## • BEZ PILOTA JEST MODNIE

Maszyny bezpilotowe to przyszłość teledetekcji i fotogrametrii. Dostrzegło to ISPRS, w ramach którego powołano już specjalną grupę roboczą zajmującą się tym zagadnieniem. Świadomi tego są także producenci sprzętu (kamer cyfrowych, skanerów, odbiorników GPS itp.), którzy z myślą o UAV pracują nad coraz lżejszymi i dokładniejszymi urządzeniami pomiarowymi. Na rynku dostępnych jest także coraz więcej programów, któ-

re umożliwiają nie tylko sterowanie „jak po sznurku” bezpilotową maszyną, ale także przetwarzanie zebranych przez nią danych, np. do postaci ortofotomapy czy NMT.

Z dużych możliwości UAV doskonale zdają sobie sprawę polskie firmy i uczelnie. Swoją własną ofertę oferuje m.in. firma WB Electronics z Ożarowa Mazowieckiego. Samolot BSL FlyEye zaprojektowano jednak przede wszystkim dla wojska oraz służb porządkowych. Geodeci z dużo większym zainteresowaniem podejść zapewne do modelu Pteryx firmy Trigger Composites z Grodziska Dolnego obok Leżajska. Z myślą o misjach fotogrametrycznych powstał także AVI-1 firmy Taxus SI z Warszawy. Śmigłowce do zadań teledetekcyjnych oferuje natomiast firma Microsystem z Gdańska – dystrybutor sprzętu firmy Microdrones. Warto w tym miejscu dodać, że choć maszyny te są niemieckie, to badania

## WYBRANE BEZPILOTOWE STATKI POWIETRZNE DLA GEODEZJI



Model	AM-32	AVI-1	BSL FlyEye	DraganFly Tango
Producent	UAVS Poland	Taxus SI	WB Electronics	DraganFly
Silnik	spalinowy typu boxer	elektryczny	elektryczny	elektryczny
Pierwszy lot [rok]	2007	2010	2008	2006
Waga [kg]	do 32	6	11	2,8
Długość [m]	2,2	1,5	1,7	1,2
Rozpiętość skrzydeł [m]	2,1	3,5	3,6	1,5
<b>Parametry lotu</b>				
zasięg [km]	30	90	300 (radio:40)	brak danych
maks. czas lotu [min]	60-120	60	180	50
maks. pułap [m]	1000	brak danych	4500	640
prędkość min. [km/h]	0	brak danych	35	21
prędkość przelotowa [km/h]	50	60	60-80	50-60
prędkość maks. [km/h]	80	brak danych	120	95
<b>Sensory</b>				
kamera cyfrowa	IGI DigiCAM 60 Mpx	Canon 550D 18 Mpx, Sigma DP2 (3 x 4,7 Mpx)	kamera wideo (0,8 Mpx), aparat 12 Mpx	10 Mpx
podczerwień termalna	FLIR 640 x 480	nie	kamera 640 x 480 px	tak
inne	dalmierz o zasięgu 2,5 km, LiDAR	bliska podczerwień (0,72-1,2 μm)	nie	dowolne wymagane przez klienta
udźwig [kg]	11,0	ok. 2,0	2,0	1,14
<b>Możliwości nalotu</b>				
autopilot	tak	tak	tak	tak
automatyczne wykonywanie zdjęć	tak	tak	tak	tak
wykonywanie zdjęć pionowych	tak	tak	tak	tak
wykonywanie zdjęć ukośnych	tak	nie	tak	nie
cena	80 tys. do 160 tys. euro	nie na sprzedaż	brak danych	brak danych





Numeryczny model pokrycia terenu opracowany na bazie zdjęć z samolotu Pteryx

nad ich wykorzystaniem w fotogrametrii prowadzone były na Politechnice Gdańskiej. Bezzałogowe wroplaty sprzedaje także firma Robokopter z Łodzi.

Akademia Górniczo-Hutnicza postawiła z kolei na opracowanie własnej bezpilotowej maszyny. Pięcioletnie badania i test zakończyły się sukcesem, a ich wymiernym efektem jest model AM-32. By jednak maszyna ta nie trafiła na półkę, komercjalizację technologii powierzono firmie UAVS Poland z Krakowa. Własne modele tworzą także inne krajowe uczelnie – m.in. na Politechnika Rzeszowska (model PRz-1) oraz Wojskowa Akademia Techniczna (Mikro BSP).

Część z uczelni stawia natomiast na zakup gotowych i sprawdzonych już w praktyce rozwiązań. Tak zrobił m.in. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (za 250 tys. zamówił maszynę od firmy Microsystem) oraz WAT (za 61 tys. zł kupiła śmigłowiec od spółki AGO z Warszawy). W ich ślady wkrótce pójdą zapewne kolejne uczelnie.

Wykorzystanie bezzałogowych maszyn latających w teledetekcji i fotogrametrii, mimo że coraz powszechniejsze, nadal nastrocza wiele problemów. Może to i dobrze, bo dzięki temu UAV-y są interesującym tematem badań naukowych. Dobrze więc, że polskie uczelnie tak szeroko zainteresowały się tym tematem. Być może ich badania sprawią, że już za parę lat wykonywanie zdjęć lotniczych czy ortofotomap nie będzie wyłącznie domeną największych firm geodezyjnych.

JERZY KRÓLIKOWSKI



MD4-1000	MD4-200	Pteryx	swinglet CAM	X100
Microdrones	Microdrones	Trigger Composites	senseFly	Gatewing
4 elektryczne	4 elektryczne	elektryczny	elektryczny	elektryczny
2010	2006	2010	2009	2009
2,65	0,9	5	0,5	1,9
1,0	0,7	1,5	0,5	6,0
1,0	0,7	2,4	0,8	1,0
1 przez radio, więcej w trybie autonomicznym	1 przez radio, więcej w trybie autonomicznym	100	10 (radio: 2)	5-10
70	20	120	30	45
1000-4000	150	brak danych	1000	750
0	0	37	brak danych	60
54	21,6	50	36	75
54	21,6	70	brak danych	130
Pentax Optio A 40 (12 Mpx) lub Lumix 12,3 Mpx	Pentax Optio A 40 (12 Mpx) lub Lumix 12,3 Mpx	1 lub 2 w paśmie widzialnym lub NIR (10 Mpx)	12 Mpx	10 Mpx
tak	tak	do zintegrowania przez użytkownika (wersja Light)	nie	nie
nie	nie	nie	nie	bliska podczerwień
1,2	0,2	1,0	0,2	2,0
tak	tak	tak	tak	tak
tak	tak	tak	tak	tak
tak	tak	tak	tak	tak
tak	tak	tak	tak	nie
zależnie od zestawu	zależnie od zestawu	brak danych	8,4 tys. euro	50 tys. euro