

PRECYZYJNY ZRZUT KAPSUŁY WODNEJ DO GASZENIA POŻARÓW Z POWIETRZA*

PRECISE DELIVERY OF A WATER CAPSULE FOR FIRE FIGHTING FROM THE AIR

**Mieczysław Kunz¹, Roman Dygdała^{2,3}, Grzegorz Śmigiełski³,
Damian Lewandowski²**

¹ Instytut Geografii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

² Instytut Informatyki Stosowanej, Szkoła Wyższa im. Pawła Włodkowica w Płocku

³ Instytut Informatyki Stosowanej, Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy

Słowa kluczowe: GPS, RTK, ASG-EUPOS, gaszenie pożarów, helikopter
Keywords: GPS, RTK, ASG-EUPOS, fire fighting, helicopter

Wprowadzenie

Pożary lasów należą do wyjątkowo niebezpiecznych zagrożeń antropogenicznych powodujących olbrzymie straty materialne i zniszczenia drzewostanów, stanowiąc przy tym niebezpieczeństwo dla ludzi i zwierząt oraz środowiska przyrodniczego. Są one jednym z najistotniejszych niebezpieczeństw obniżających trwałość i funkcjonowanie wyróżnianych ekosystemów. Według danych Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych, w 2008 roku wybuchło w Polsce ponad 7850 pożarów, które spowodowały bezpośrednie straty w drzewostanach na powierzchni ponad 2500 ha. Zagrożenia te dotyczyły zarówno lasów państwowych, jak i prywatnych. 12 pożarów, o powierzchni powyżej 10 ha, zakwalifikowano jako pożary wielkopowierzchniowe.

Akcje gaszenie pożarów można prowadzić zarówno z ziemi, jak i z powietrza. W Polsce, dla tego drugiego sposobu, wykorzystuje się zazwyczaj lekkie samoloty albo helikoptery. Akcja gaszenia pożaru polega na dostarczeniu i zrzuceniu wody systemem tzw. „bambi” albo izomeru. Każda z tych metod ma swoją specyfikę, skuteczność i ograniczenia, z których istotne jest zapewnienie widoczności miejsca zrzutu do samego momentu uwolnienia masy wody.

W ramach projektu opracowano metodę wybuchowego wytwarzania aerozolu wodnego wraz z określeniem trajektorii lotu i precyzyjnym dostarczaniem kapsuły wodnej na miejsce pożaru. Zbudowano system, który umożliwi automatyczne uwolnienie z helikoptera zawie-

* Przedstawiony w niniejszym artykule prace wykonano w ramach projektu naukowo-badawczego Nr 8003/R/T00/2007/03 MNiSW.

szanej pod nim kapsuły wodnej i zdetonowanie ładunku umieszczonego wewnątrz niej na określonej wysokości nad celem (miejscem pożaru) tak, aby wytworzony aerozol pokrył teren o wymaganej powierzchni. Moment uwolnienia, a także detonacji jest określany na podstawie aktualnej prędkości lotu oraz precyzyjnej pozycji helikoptera i kapsuły wodnej.

Kluczową rolę w tym systemie zapewnia precyzyjny odbiornik GPS, którego sygnał analizowany jest przez komputer pokładowy. Urządzenie to wyznacza kierunek lotu i nalotu na miejsce pożaru, moment uwolnienia kapsuły wodnej oraz detonacji, tak, aby wybuch nastąpił nad określonym miejscem i na określonej wysokości – bez wymaganej widoczności miejsca zrzutu. Prace eksperymentalne prowadzono w latach 2008-2009, zarówno przy wykorzystaniu dwóch odbiorników GPS, jak i systemu ASG-EUPOS. Naloty wykonywano z różnych stron obserwując jakość i trwałość sygnału satelitarnego, wykorzystując przy tym poprawki nadawane przez stację bazową za pomocą radiomodemów o różnej mocy.

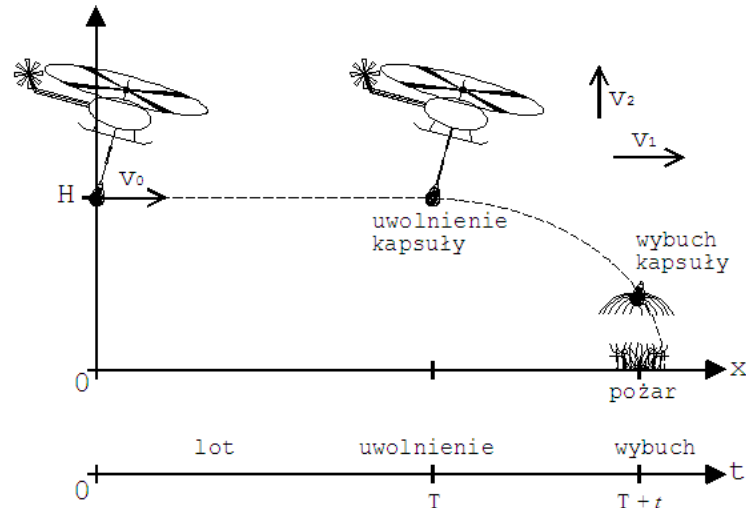
Artykuł prezentuje budowę systemu i uzyskane wyniki prac doświadczalnych (bez prób wybuchowych) precyzyjnego dostarczania kapsuły wodnej na miejsce pożaru, ze szczególnym uwzględnieniem kierunków i kątów natarcia helikoptera oraz obserwowanej przy tym jakości sygnału satelitarnego GPS.

Podstawy teoretyczne

Dostarczenie wody z powietrza na miejsce pożaru dotychczas stosowanymi metodami w praktyce przeciwpożarowej jest zadaniem wyjątkowo niebezpiecznym, a w niektórych sytuacjach wręcz niemożliwym. W Polsce wykorzystuje się do tego celu samoloty typu Dromader albo helikoptery Mi-2 lub Sokoły. Skuteczność tych metod jest zależna od: 1) stopnia i fazy pożaru; 2) zajętej przez ten pożar powierzchni; 3) widoczności miejsca pożaru; 4) doświadczenia, zręczności i odwagi pilota statku powietrznego; 5) miejsca uwolnienia zbiornika wodnego. Te ostatnie czynniki powodują, że zrzut wody w dotychczas stosowanym systemie „bambi” może w określonych sytuacjach okazać się mało precyzyjny i niewystarczający dla występującego zagrożenia, a niekiedy wręcz niemożliwy.

Wydajnym sposobem tworzenia aerozolu wodnego jest metoda wybuchowa, polegająca na detonacji ładunku wybuchowego, umieszczonego w pojemniku z wodą (Stebnovskii, 2008). Woda wystarczająco dobrze niweluje niepożądane skutki towarzyszące detonacji, co stwarza duże potencjalne możliwości zastosowań tej metody przy akcjach prowadzonych z powietrza. Zastosowanie aerozolu wodnego może obejmować m.in. gaszenie ognia oraz dezaktywację skażonych terenów (Liu i in., 2004; Dygdała i in., 2007). Podwieszenie kapsuły do helikoptera lub innego statku powietrznego pozwala na jej szybki transport w okolice miejsca zrzutu oraz późniejsze precyzyjne jej zdetonowanie w optymalnym położeniu, bez konieczności widoczności miejsca celowania.

Analizując lot kapsuły wodnej wyrzuconej z pewną prędkością początkową v_0 z danej wysokości H , otrzymuje się przypadek rzutu poziomego (rys. 1). Jest to powszechnie znane zagadnienie fizyczne. W takim ujęciu tego zjawiska jedyna różnica polega na uwzględnieniu występowania oporów ruchu v_1 i wpływu wiatru v_2 . Równania uwzględniające te poprawki w dostateczny sposób opisują dane zagadnienie i na ich podstawie można dokonać właściwej analizy lotu kapsuły wodnej (Śmigielski i in., 2009; 2009a).



Rys. 1. Istota metody dostarczenia kapsuły wodnej nad miejsce pożaru z wykorzystaniem rzutu poziomego

Uwolnienie kapsuły T następuje automatycznie w takiej odległości od celu, aby swobodnie opadając znalazła się nad celem na określonej wysokości, a następnie detonowała $T+t$ wytwarzając aerozol, który pokryje określoną powierzchnię terenu (Śmigieński i in., 2008; Śmigieński i in., 2009; 2009a).

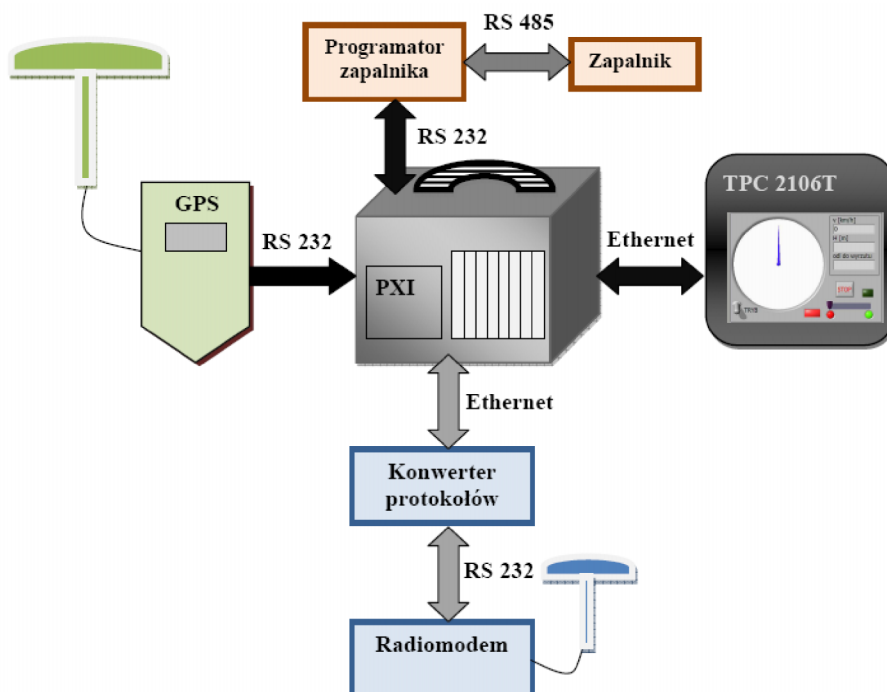
Budowa systemu zrzutu kapsuły wodnej

System zrzutu kapsuły wodnej składa się z dwóch stanowisk, jednego znajdującego się na statku powietrznym i drugiego, zwanego stanowiskiem naziemnym, zlokalizowanego w pewnej odległości (kilkaset metrów) od miejsca celu.

Stanowisko na pokładzie statku powietrznego

W skład systemu (rys. 2) odpowiedzialnego za uwolnienie w odpowiednim momencie kapsuły, wchodzi następujące elementy: nadrzędny komputer sterujący, odbiornik GPS, zestaw transmisji danych oraz programowalny zapalnik.

Nadrzędny komputer sterujący. Rolę tę pełni specjalizowany kontroler CompactRIO, wyposażony w 32-bitowy procesor 400 MHz, współpracujący z modułami wejść/wyjść cyfrowych oraz modułem portów szeregowych przez układ programowalny FPGA. Wielowątkowa aplikacja komputera sterującego została stworzona w środowisku LabVIEW i działa w systemie czasu rzeczywistego VxWorks. Komputer sterujący wyznacza trajektorię lotu kapsuły wodnej z użyciem metody numerycznej *Rungego-Kutty* (Ralston, 1975). Obliczoną wartość opóźnienia detonacji od momentu uwolnienia kapsuły wysyła do zapalnika programowalnego.



Rys. 2. Elementy składowe systemu sterującego zrzutem kapsuły wodnej

Odbiornik GPS dostarcza informacje o aktualnym położeniu i prędkości statku powietrznego oraz jakości odbieranego sygnału w postaci łańcuchów NMEA. Pozwala także na określanie odległości od miejsca zrzutu oraz kątów nalotu.

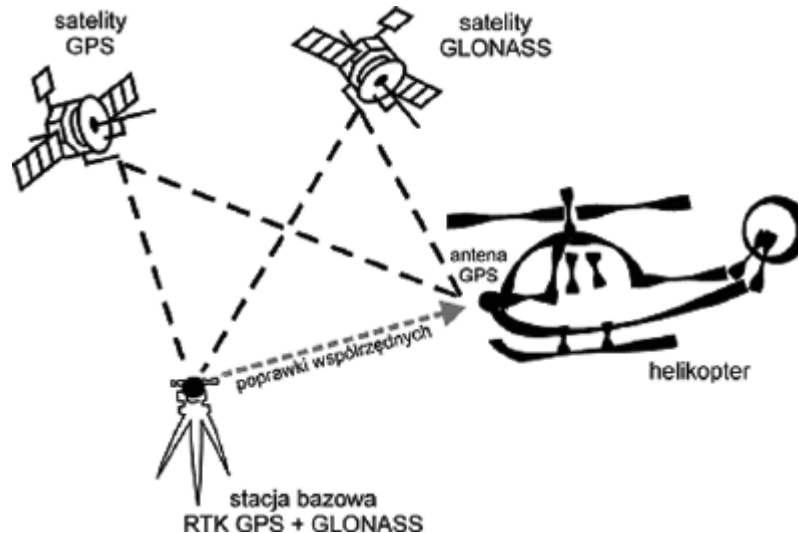
Zestaw transmisji danych. Mikrokomputer komunikacyjny MOXA, sprzężony z modelem radiowym, umożliwia odbieranie istotnych informacji z centrum dowodzenia (m.in. współrzędnych celu, docelowo pożaru) oraz wysyłanie danych dotyczących parametrów lotu. Wszystkie niezbędne informacje dotyczące pracy aplikacji wyświetlane są na panelu pilota (Śmigielski i in., 2009; 2009a). Komunikacja z poszczególnymi elementami systemu odbywa się za pośrednictwem portów szeregowych lub Ethernetu.

Stanowisko naziemne

Stanowisko to składa się z odbiornika GPS oraz z serwera systemu dowodzenia.

Odbiornik GPS. Odbiornik ten pełni rolę stacji bazowej. Umieszczony jest na punkcie o znanych współrzędnych i wyznacza błąd określenia pozycji. Podłączony do niego radiomodem przesyła poprawki do odbiornika GPS znajdującego się na statku powietrznym (rys. 3). Wykorzystanie przez odbiornik znajdujący się na statku powietrznym przesyłanej poprawki stacji bazowej zapewnia wysoką (centymetrową) dokładność pomiaru jego pozycji (Zieliński i Łyszkowicz A, 2006; Lamparski, 2001).

Serwer systemu dowodzenia. Serwer ten, umieszczony w ruchomym centrum dowodzenia, zajmuje się przygotowaniem i gromadzeniem danych. Spełnia jednocześnie funkcję



Rys. 3. Zasada wyznaczania pozycji helikoptera przy wykorzystaniu metody RTK GPS

stanowiska sterowania dla dowodzącego akcją. Komunikacja z komputerem pokładowym odbywa się z wykorzystaniem zestawu obejmującego mikrokomputer komunikacyjny MOXA i radiomodem.

Oprogramowanie

Do budowy bazy danych zastosowano popularny i ogólnodostępny silnik bazy danych PostgreSQL. Dostęp do konfiguracji tabel i struktury bazy danych opisującej aplikację jest zapewniony za pośrednictwem narzędzi firmowych pgAdmin III (Śmigielski i in., 2009; 2009a).

W celu późniejszego przetwarzania i wyznaczenia momentu zrzutu kapsuły wodnej na serwerze gromadzone są wartości wszystkich parametrów lotu. Ogólne funkcje programu wyznaczającego chwilę zrzutu kapsuły obejmują:

- odczyt parametrów wejściowych z urządzeń zewnętrznych (odległość od celu, wysokość nad pożarem H , prędkość helikoptera v_0),
- wyznaczenie wartości odpowiadającej odległości helikoptera od celu, w której powinno nastąpić uwolnienie kapsuły,
- wyznaczenie wartości czasu t – po którym ma nastąpić zainicjowanie eksplozji,
- porównanie aktualnej odległości do celu oraz odległości otrzymanej w wyniku obliczeń,
- zainicjowanie uwolnienia kapsuły wraz z przekazaniem opóźnienia do detonatora w postaci czasu t – w przypadku równości ww. odległości,
- powrót do początku programu – w przypadku różnych wartości ww. odległości.

Charakterystyka komponentu GPS wykorzystywanego w projekcie

Zestaw precyzyjnych odbiorników GPS zastosowany w opisywanym systemie ma za zadanie dostarczać do komputera aktualną prędkość oraz pozycję helikoptera (wysokość nad poziomem morza, długość i szerokość geograficzną). Biorąc pod uwagę prędkość przemieszczania się helikoptera i zakładaną dokładność określenia pozycji (rzędu decymetrów), odbiornik GPS powinien odbierać sygnały satelitarne z minimalną częstotliwością 10Hz. Ponadto, ze względu na specyfikę pracy, wybrany został sprzęt o wysokiej odporności na wstrząsy i upadki oraz pracę w ekstremalnych warunkach terenowych. Zestaw RTK wraz z dodatkowymi akcesoriami pomiarowymi (radiomodemy o mocy 0,5 W i 10 W oraz modemy GSM) pozwalał na testowanie funkcjonalności przy różnych opcjach odbierania danych z poprawkami pozycji.

Wspólnie z ekspertami ds. technicznych i modernizacyjnych z firmy udostępniającej śmigłowiec uzgodniono miejsce montażu anten na jego pokładzie. Antena zewnętrzna odbiornika GPS została zamontowana na nosku statku powietrznego (jedyna dostępna możliwość bez wprowadzania zmian konstrukcyjnych), a antena modemu radiowego – przy prawych drzwiach kabiny pilota (rys. 4a i b). Miejsce montażu anteny zewnętrznej GPS ograniczało wizurę dostępnych satelitów, a w związku z tym miało wpływ na liczbę odbieranych sygnałów, ciągłość i w konsekwencji dokładność pomiarów.



a



b

Rys. 4. Miejsce montażu na helikopterze:
a – anteny GPS, b – anteny modemu
radiowego

Prace eksperymentalne i wyniki

W pierwszej kolejności przeprowadzono naziemne testy aparatury w różnych, zmiennych warunkach terenowych. Celem tych testów było m.in.: sprawdzenie poprawności działania poszczególnych elementów systemu; weryfikacja procedury obliczającej odległość od celu i kąta nalotu; przetestowanie łączności między odbiornikami GPS (bazowym i ruchomym); sprawdzenie zasięgu przestrzennego przesyłanych poprawek oraz uzyskiwanego zakresu dokładnościowego.

Następnie odbyły się na poligonie wojskowym eksperymentalne próby terenowe z wykorzystaniem helikoptera. Przeprowadzono je w dwóch terminach: w październiku 2008 roku i w maju 2009 roku. Polegały one na automatycznym zrzucie kapsuły wodnej (o masie 600 lub 1200 kg) na wybrany punkt, który symulował miejsce pożaru. Wszystkie próby były rejestrowane za pomocą szybkiej kamery Photron Ultima 1024 oraz kamery HDV Sony HDR FX1E. Dodatkowe informacje o parametrach lotu uzyskano zdalnie z bazy danych serwera stanowiska dowodzenia.

Odległość helikoptera od stacji bazowej we wszystkich przeprowadzonych próbach terenowych nie przekraczała 5 km. Testowany modem radiowy o mocy 0,5 W był wystarczający dla ciągłości przesyłania depechy z poprawkami. Jednocześnie podjęte próby testu modemu radiowego o mocy 10W, ze względu na brak możliwości wykonywania lotów na dalsze odległości, nie dały odpowiedzi co do docelowego, operacyjnego zakresu przestrzennego jego działania.

Próby terenowe w październiku 2008 r.

Łącznie w pierwszym terminie odbyło się 10 lotów, z których nie wszystkie zakończone były zrzutem kapsuły wodnej (tab. 1). Naloty na miejsce zrzutu odbywały się z kierunku północnego, co było podyktowane niewystarczającą liczbą widocznych satelitów. Przez cały czas trwania lotów aparatura pomiarowa GPS nie rejestrowała najwyższej dokładności wyznaczania pozycji (status FIX). Spowodowane to było częściowym zasłonięciem obserwowanych satelitów przez kabinę helikoptera. Wybrane parametry lotu zarejestrowane podczas prób zakończonych zrzutem kapsuły wodnej zawiera tabela 2. Po wykonaniu eksperymentu dokonano pomiaru współrzędnych miejsc zrzutu. Na ich podstawie obliczono odległości miejsca upadku worka od miejsca celowania. Uzyskane wyniki wahały się od 3,7 do 14,5 metra.

Tabela 1. Uzyskane statusy obserwacji pozycji podczas lotów w październiku 2008 r.

Numer lotu	Orientacyjny czas lotu [min:sek]	Status obserwacji [%]			Uwagi
		FIX (4)	DGPS (2)	Auto (1)	
1	7:54	99,93	-	0,07	
2	3:55	100,00	-	-	
3	7:10	90,76	-	9,22	
4	9:06	99,84	-	0,26	zrzut 1
5	7:54	99,87	-	0,13	zrzut 2
6	7:35	100,00	-	-	
7	3:53	100,00	-	-	zrzut 3
8	3:53	99,61	-	0,39	zrzut 4
9	3:50	100,00	-	-	zrzut 5
10	3:43	99,60	-	0,40	zrzut 6

gdzie status obserwowanej pozycji oznacza:

FIX – dostępne rozwiązanie fazy; kod w ramce danych (4),

DGPS – dostępne rozwiązanie kodu; kod w ramce danych (2),

Auto – dostępne niezależne rozwiązanie; kod w ramce danych (1).

Jednocześnie, podjęto próbę zastąpienie poprawek otrzymywanych przez własną stację referencyjną, poprawkami przesyłanymi przez sieć ASG-EUPOS. Jednak, ze względu na osiągane prędkości lotu i istotną zmianę kierunku lotu helikoptera, odbierany sygnał był niestabilny, co nie pozwoliło na zastosowanie tej metody jako docelowej.

Próby terenowe w maju 2009 r.

W tym terminie odbyło się łącznie kilkanaście lotów (rys. 5), z czego 7 zakończyło się zrzutem kapsuły wodnej (tab. 3). Naloty na miejsce zrzutu odbywały się z kierunku południowego co, w tym wypadku, podyktowane było bezpieczeństwem prób (przewidywane testy z wybuchem kapsuły wodnej). Podczas wszystkich przeprowadzonych prób aparatura pomiarowa GPS rejestrowała pozycję helikoptera z najwyższą możliwą dokładnością (status FIX). Po wykonaniu eksperymentu dokonano pomiaru współrzędnych miejsc zrzutu. Rozkład przestrzenny uzyskanych wyników przedstawiono na rysunku 6. Zarejestrowane podczas lotu dane umożliwiły wykonanie mapy z trajektoriami lotów helikoptera w obrębie punktu zrzutu (rys. 7).

Tabela 2. Zarejestrowane przez GPS parametry nalotu helikoptera zakończonego zrzutem kapsuły wodnej podczas prób w październiku 2008 r.

Nr próby	Waga kapsuły [kg]	Prędkość [km/h]	Odległość od punktu celowania [m]	Wysokość kapsuły nad punktem zrzutu [m]	Kąt nalotu do pożaru* [°]
Zrzut1	600	112	132	93	-5
Zrzut2	600	114	122	78	-2
Zrzut3	1200	93	91	65	-5
Zrzut4	1200	105	91	53	-1
Zrzut5	1200	91	83	57	-4
Zrzut6	600	110	105	65	0

* ujemny kąt nalotu oznacza, że lot odbywał się po linii odchylonej w prawą stronę do właściwego kierunku nalotu

Tabela 3. Zarejestrowane przez GPS parametry nalotu helikoptera zakończonego zrzutem kapsuły wodnej podczas prób w maju 2009 roku

Nr próby	Masa kapsuły [kg]	Prędkość [km/h]	Odległość od punktu celowania [m]	Wysokość kapsuły nad punktem zrzutu [m]	Kąt nalotu do pożaru* [°]
Zrzut1	600	111	107	82	-2
Zrzut2	600	108	115	94	-1
Zrzut3	600	100	108	96	3
Zrzut4	1200	uwolnienie wykonane przez pilota			
Zrzut5	600	120	184	164	3
Zrzut6	1200	96	145	165	7
Zrzut7	600	95	89	79	10

* ujemny kąt nalotu oznacza, że lot odbywał się po linii odchylonej w prawą stronę do właściwego kierunku nalotu

Dyskusja i wnioski

Zastosowane do precyzyjnego zrzutu kapsuły wodnej rozwiązania GPS sprawdziły się operacyjnie i pozwoliły na wypracowanie i praktyczne przetestowanie sprawnie działającego komponentu systemu aplikacyjnego. Jest to jeden z kluczowych elementów tego systemu, służącego zastosowaniom praktycznym. Obecnie przygotowywane są do realizacji prace

badawczo-rozwojowe w podzakresach tego systemu (m.in. prowadzone są badania parametrów obłoku rozpylonej wybuchowo cieczy czy testowane są różne konstrukcje worków dla zwiększenia skuteczności pulweryzacji cieczy).

Na podstawie badań eksperymentalnych przeprowadzonych w październiku 2008 roku i maju 2009 roku z wykorzystaniem odbiorników GPS można stwierdzić, że w analizowanym okresie czasu segment kosmiczny systemu GPS (oraz systemu GLONASS) polepszył swoje funkcjonowanie, co objawiało się większą liczbą obserwowanych, w zakresie widoczności anteny GPS zamontowanej na helikopterze, satelitów oraz pozyskiwanych w wyniku tego statusach dokładnościowych pomiarów. Podczas pierwszych prób obserwowano spadek liczby dostępnych satelitów (ich sygnałów) przy lotach z kierunku południowego na północny (co wymusiło zmianę kierunku na odwrotny), a 7 miesięcy później problem ten już nie występował.

Jednocześnie podjęte próby zastąpienia poprawek otrzymywanych przez własną stację referencyjną poprawkami przesyłanymi przez sieć ASG-EUPOS nie przyniosły oczekiwanego rezultatu i nie pozwoliły na zastosowanie tej metody jako docelowej. Wydaje się jednak, że ze względu na koszty i wygodę korzystania, należy w przyszłości uwzględnić możliwość pozyskiwania poprawek w czasie rzeczywistym głównie z tego serwisu.

W przyszłości planowane jest przetestowanie całego systemu w warunkach bojowych (gaszenie pożaru metodą wybuchową). Dotychczas przeprowadzone badania eksperymentalne i uzyskane na ich podstawie wyniki są na tyle obiecujące, że metoda ta, po procesie certyfikacji, mogłaby być stosowana w praktyce.

Docelowo proponowany system powinien współpracować z leśną mapą numeryczną, z której może pozyskiwać informacje dotyczące wybranych parametrów leśnych i środowiskowych miejsca pożaru. Będzie to miało istotny wpływ na określenie wybranie elementów zrzutu kapsuły wodnej, takich jak wielkość worka czy wysokość detonacji.

System ten może również znaleźć zastosowanie w zdalnej dezaktywacji skażonych terenów oraz niszczeniu wybranych obiektów czy powierzchni.

Literatura

- Dygdała R.S., Stefański K., Śmigielski G., Lewandowski D., Kaczorowski M., 2007: Aerosol Produced by Explosive Detonation. Materiały konferencyjne Krajowego Kongresu Metrologii Pomiary – Automatyka – Kontrola, Kraków, Vol. 53 (9).
- Lamparski J., 2001: NAVSTAR GPS. Od teorii do praktyki. Wydawnictwo UWM, Olsztyn.
- Liu Z., Kim A. K., Carpenter D., 2004: Extinguishment of large cooking oil pool fires by the use of water mist system, in Combustion Institute/Canada Section. Proceedings Spring Technical Meeting, May 9-12, pp. 1-6.
- Ralston A., 1975: Wstęp do analizy numerycznej. PWN, Warszawa.
- Stebnovskii S. V., 2008: Pulsed Dispersion as the Critical Regime of Destruction of a Liquid Volume. Combustion, Explosion, and Shock Waves, Vol. 44 (2): 228–238.
- Śmigielski G., Lewandowski D., Dygdała R.S., Stefański K., 2008: Water capsule flight – a theoretical analysis and experimental verification. Proceedings International Conference on Metrology of Environmental, Food and Nutritional Measurements, 2nd IMEKO TC19 Conference on Environment Measurement, MEFNM Budapeszt.
- Śmigielski G., Dygdała R., Kunz M., Lewandowski D., Stefański K., 2009: High precision delivery of water capsule. Theoretical model, numerical description, control system and results of fields experiments. Proceedings, IMEKO XIX World Congress, Fundamental and Applied Metrology, Lisbon, Portugal.
- Śmigielski G., Lewandowski D., Kunz M., Dygdała R., Łutowicz K., Drozd R., 2009: System zrzutu kapsuły wodnej do wybuchowego wytwarzania aerozolu wodnego. Materiały konferencyjne, XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Pułtusk.
- Zieliński J., Łyszkowicz A., 2006: Podstawy geodezyjnych systemów satelitarnych. Zastosowanie GPS w praktyce geodezyjnej. Materiały szkoleniowe. Centrum Badań Kosmicznych PAN, Warszawa.

Abstract

The paper presents the structure of the system which makes possible to automatically release a water capsule from the helicopter and to detonate water contained inside the capsule at the defined height over the target (the place of fire) in order to cover the land of a adequate area with the produced aerosol. The key role in this system is provided by the GPS precision receiver whose signal is analysed by the board computer. This device defines the direction of flight and the flight over the fire area, the moment the water capsule is released and detonated over defined place and on defined height. These parameters are calculated on the basis of the current flight velocity and the position of the water capsule. These parameters are defined on the basis of current flight velocity of and the position of water capsule. Experiments were carried out in 2008-2009 using two geodetic GPS receivers as well as ASG-EUPOS system. Flights approached from different directions observing the quality and persistence of the satellite signal and taking advantage of modifications from the base station using radiomodems with different powers. The gained results of the precise delivery of a water capsule to the fire area were discussed, especially the directions and the angle of attack of the helicopter to the place of delivery and the quality of the GPS satellite signal observed at the same time. This method can be applied in the remote deactivation of contaminated areas and in devastation of selected objects or territories.

dr Mieczysław Kunz
met@umk.pl

prof. dr hab. Roman Dygdała
romdy1@onet.pl

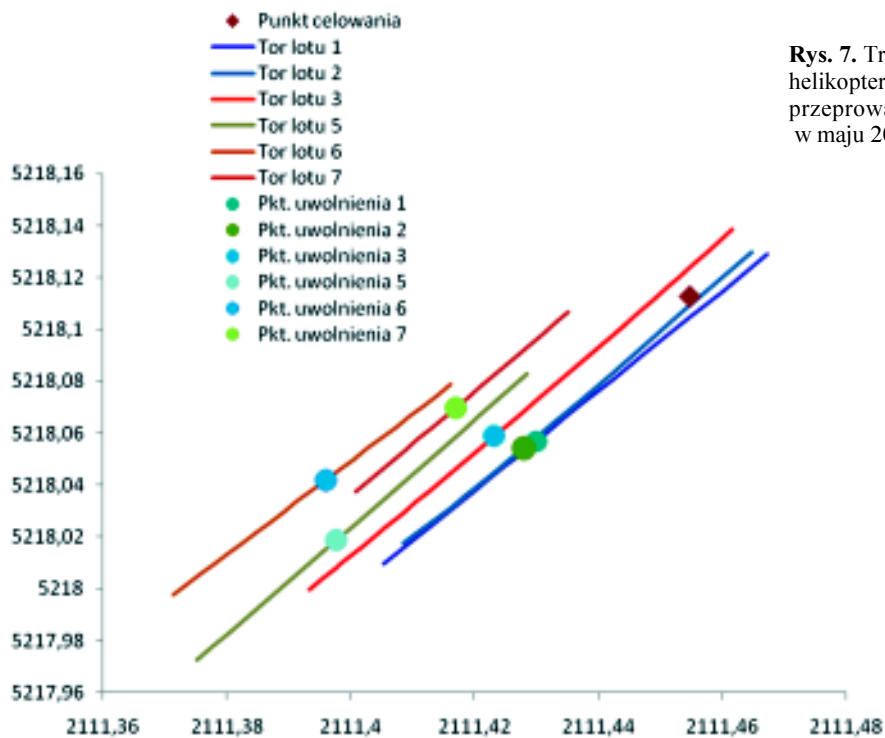
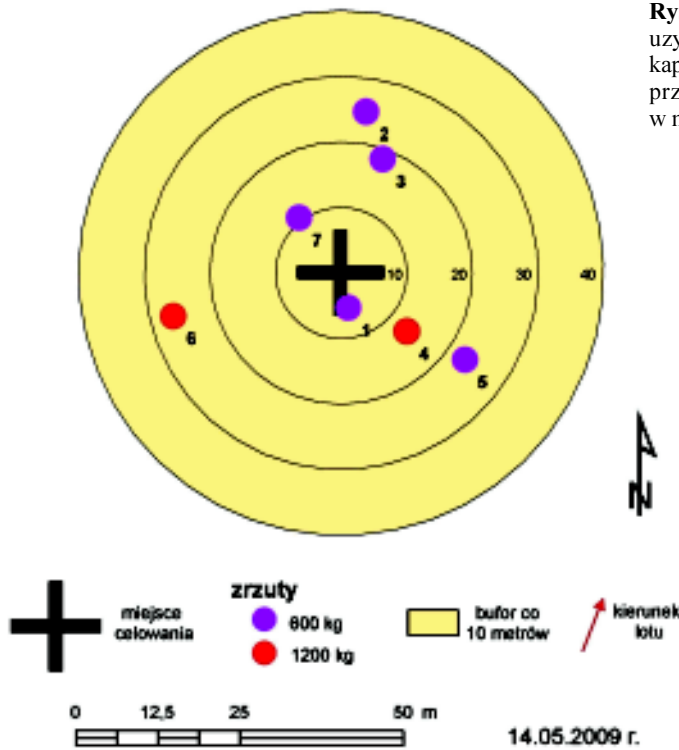
mgr Grzegorz Śmigielski
gsmigielski@byd.pl

mgr inż. Damian Lewandowski
damian_lew2@wp.pl



Rys. 5. Helikopter podczas lotu z kapsułą wodną w maju 2009 roku

Rys. 6. Rozkład przestrzenny uzyskanych wyników zrzutu kapsuły wodnej podczas prób przeprowadzonych w maju 2009 roku



Rys. 7. Trajektorie lotów helikoptera podczas prób przeprowadzonych w maju 2009 roku