

TYPIAK Andrzej¹

Bezzałogowe platformy do realizacji zadań transportowych

Platformy bezzałogowe, systemy transportowe, zdalne sterowanie

Streszczenie

Budowa bezzałogowych platform transportowych wymaga podjęcia szerokiego spektrum prac badawczych. Jednym z problemów jest opracowanie konfiguracji platformy o wysokiej mobilności, systemów załadunkowo – rozładunkowych i systemu sterowania. W referacie przedstawiono – opracowane w kraju i na świecie - rozwiązania bezzałogowych lądowych platform transportowych.

UNMANNED PLATFORMS TO PERFORM THE TRANSPORTATION TASKS

Abstract

Construction of unmanned transport platform calls for a wide spectrum of research. One of the problems is the development platform configuration with high mobility, the system load and - unloading and control system. The paper presents - developed in the country and the world - a solution of unmanned land transport platforms.

1. WSTĘP

Zmiany polityki i strategii obronnej w armiach państw NATO, przejawiające się m.in.:

- ograniczeniem budżetów wojskowych;
- zwiększeniem mobilności wojsk;
- udziałem wojsk w konfliktach i misjach pokojowych w dużym oddaleniu od kraju;
- zwiększeniem efektywności nowoczesnych systemów uzbrojenia,

wymusiły potrzebę transportu środków bojowych i materiałowych, wykorzystując w większym niż dotychczas zakresie, nowoczesne systemy transportowe oraz infrastrukturę transportu cywilnego (rys.1).



Rys.1. Wykorzystanie środków transportowych dla zapewnienia dostaw dla SZ RP [2]

Technologia bezzałogowa jest jednym z najbardziej znaczących kierunków rozwoju nowoczesnych armii. Jednak wiele problemów musi zostać rozwiązanych zanim autonomiczny pojazd lądowy będzie w stanie poruszać się samodzielnie w różnego typu środowiskach. Kluczowym problemem – w dalszym rozwijaniu BPL – pozostaje nadal opracowanie skutecznego systemu rozpoznania otoczenia – opartego o agregację informacji z różnych źródeł.

¹ Wojskowa Akademia Techniczna Wydział Mechaniczny; 00-908 Warszawa ul. Kaliskiego 2.
Tel: + 48 22 683-93-88, Fax: + 48 22 683-71-11, E-mail: atypiak@wat.edu.pl

2. PRACE NAD ROZWOJEM BEZZAŁOGOWYCH SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

2.1 Systemy do transportu ładunków spaletyzowanych

Jednym z najbardziej zaawansowanych wojskowych transporterów bezzałogowych jest wprowadzony przez amerykańską korporację Oshkosh Truck system PLS (*Palletized Load System*). Zastosowany w nim zestaw do bezzałogowej nawigacji był już wcześniej testowany w latach 2004-2005 podczas wyścigów DARPA Grand Challenge oraz przeszedł dodatkowe testy w środowisku pustynnym, podobnym do tego na Bliskim Wschodzie. Prace nad tym zestawem prowadzone były we współpracy z Rockwell Collins oraz włoskim Uniwersytetem w Parmie. Zastosowane rozwiązania pozwalają zastąpić żołnierzy w realizacji zadań konwojowania transportów z zaopatrzeniem i skierować ich do wykonywania innych przedsięwzięć [3].

„Załogowe” pojazdy transportowe systemu PLS są stosowane obecnie w działaniach w Bośni, Kosowie, Afganistanie i Iraku. W skład systemu wchodzi ciągnik oraz system przyczep, zaprojektowanych do transportu kontenerów z amunicją i innym zaopatrzeniem, a także dużych cystern z paliwem lub wodą. System PLS może przewozić materiały o masie do 16,5 t, a ponadto wyposażony jest w pokładowy system podejmowania ładunku, który umożliwia szybki rozładunek i załadunek przewożonych towarów.

Pojazd TerraMax, będący bezzałogową wersją pojazdu transportowego Oshkosh (rys. 2), wyposażony jest w sześć kół jezdnych, niezależne zawieszenie w systemie TAK-4™ oraz możliwość centralnego sterowania pompowaniem opon. Pojazd może pokonywać wzniesienia wzdłużne o pochyleniu do 60 % oraz poprzeczne o pochyleniu do 30 %. Zastosowanie technologii *drive-by-wire* pozwala na komputerowe sterowanie za pomocą układów wykonawczych kołem kierownicy, układem przeniesienia napędu i dźwignią hamulca. Natomiast wysoki poziom nawigacji osiągnięty został poprzez sumowanie danych z różnych czujników pomiarowych.



Rys. 2. Bezzałogowa wersja pojazdu transportowego Oshkosh [2]

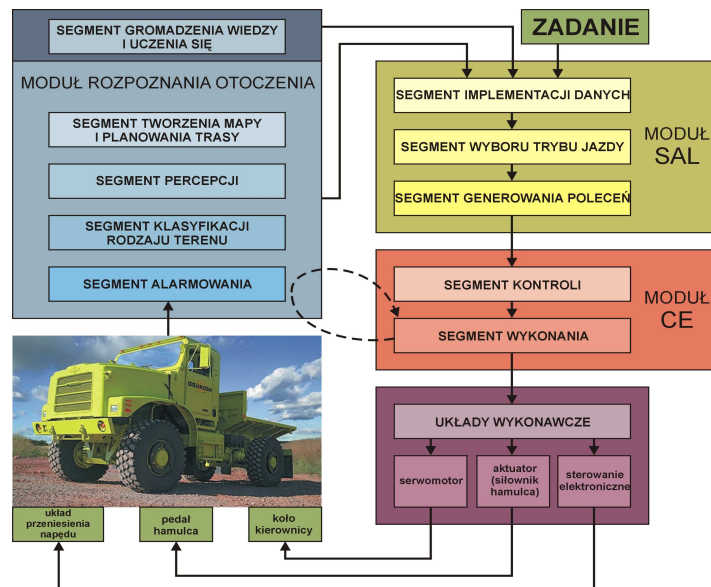
Na pojeździe zostały zainstalowane:

- 4 LIDAR-y umieszczone z przodu pojazdu, przeznaczone do wykrywania przeszkód terenowych (dodatnich i ujemnych) na ścieżce dalekiego i średniego zasięgu;
- 3 kamery wizyjne umieszczone z przodu pojazdu, przeznaczone do dokładnego badania ścieżki dalekiego, średniego i bliskiego zasięgu;
- 1 LIDAR i 2 kamery wizyjne umieszczone z tyłu pojazdu, wykorzystywane podczas manewrów cofania;
- 2 układy GPS o wysokiej dokładności pozycjonowania pojazdu.

Architektura systemu sterowania pojazdem przedstawiona jest na rysunku 3. Zbudowany jest on z trzech części – z modułu analizy sytuacji SAL (*Situation Analysis and Logic*), modułu sterowania i układów wykonawczych CE (*Control and Execution*) oraz modułu rozpoznania otoczenia.

Rosnące odległości wykonywania działań operacyjnych i potrzeby dotyczące ładowności wymuszają coraz większą mobilność, wydajność, niezawodność i elastyczność tego typu systemów. Niezbędna jest również zdolność szybkiej dystrybucji wszystkich klas zaopatrzenia (samozaładunek i rozładunek), by zredukować zależność od zewnętrznych środków transportu bliskiego. Analizując światowe rozwiązania w dziedzinie logistyki i transportu wniosek nasuwa się sam – na wyposażeniu polskich sił zbrojnych nie ma pojazdu, który byłby w stanie nawet w stopniu zbliżonym do przedstawionych rozwiązań, sprostać wymaganiom stawianym przez współczesne pole walki. Dlatego istotnym było podjęcie tego tematu i opracowanie własnej koncepcji rozwiązania [3].

Na podstawie analiz potrzeb polskich sił zbrojnych w zakresie wsparcia pododdziałów szczebla pluton/kompania została opracowana bezzałogowa platforma wsparcia taktycznego „Boguś”. Przeznaczona jest ona do realizacji zadań związanych z zaopatrywaniem pododdziałów operujących w trudnym terenie w różnego rodzaju środki (sprzęt saperki, amunicję itp.) o całkowitej masie do 3000 kg, oraz pełnienia funkcji nośnika specjalistycznych systemów (minowania, budowy zapór, rozpoznania itp.) [4].



Rys.3. Schemat blokowy systemu sterowania pojazdem TerraMax [2]

Jest to konstrukcja dwuczłonowa wyposażona w aktywny sprzęg hydrauliczny (rys. 4). Człon I, posiada trójosiowy sześciokołowy układ bieżny z hydropneumatycznym zawieszeniem i poprzecznymi wahaczami. Napęd przenoszony jest w sposób hydrauliczno-mechaniczny z blokadą mechanizmów różnicowych. Na tej części pojazdu znajduje się również, silnik wysokoprężny wraz z pompami hydraulicznymi. Oprócz tego jest tu przestrzeń transportowa o wymiarach 900mm x 1 200mm, w której można przewozić obiekty o sumarycznej masie do 1 000 kg. Ich załadunek i rozładunek realizowany jest za pomocą manipulatora.



Rys. 4. Bezzatogowa platforma wsparcia taktycznego „Boguś”[4]

Człon II posiada dwuosiowe czterokołowy napędzany układ bieżny. Tyłne koła związane są sztywno z ramą nośną, a przednie zawieszone elastycznie na wahaczach wleczonych, współpracujących z elementami hydropneumatycznymi.

Specjalny osprzęt widłowy umożliwia podejmowanie, rozładunek i przewożenie obiektów (o masie do 2 000 kg na palecie o wymiarach 1 000 mm x 2 500 mm) z poziomu podłoża oraz skrzyni transportowej pojazdu ciężarowego (rys. 5). Jego kinematyka została dobrana tak, aby po ustawieniu palety w pozycji do jazdy, rozkład nacisków kół tylnego członu na podłoże, był jak najbardziej równomierny.

Aktywny sprzęg, którym połączone są obydwie części platformy, realizuje trzy funkcje. Pierwszą z nich jest skręt, który dodatkowo może być wspomagany przez obrót kół mechanizmami zwrotnicowymi dwóch pierwszych osi członu I. Dzięki takiemu rozwiązaniu przy długości całkowitej zestawu wynoszącej ok. 7-8 m, możliwe jest uzyskanie zewnętrznego promienia skrętu poniżej 5 m.

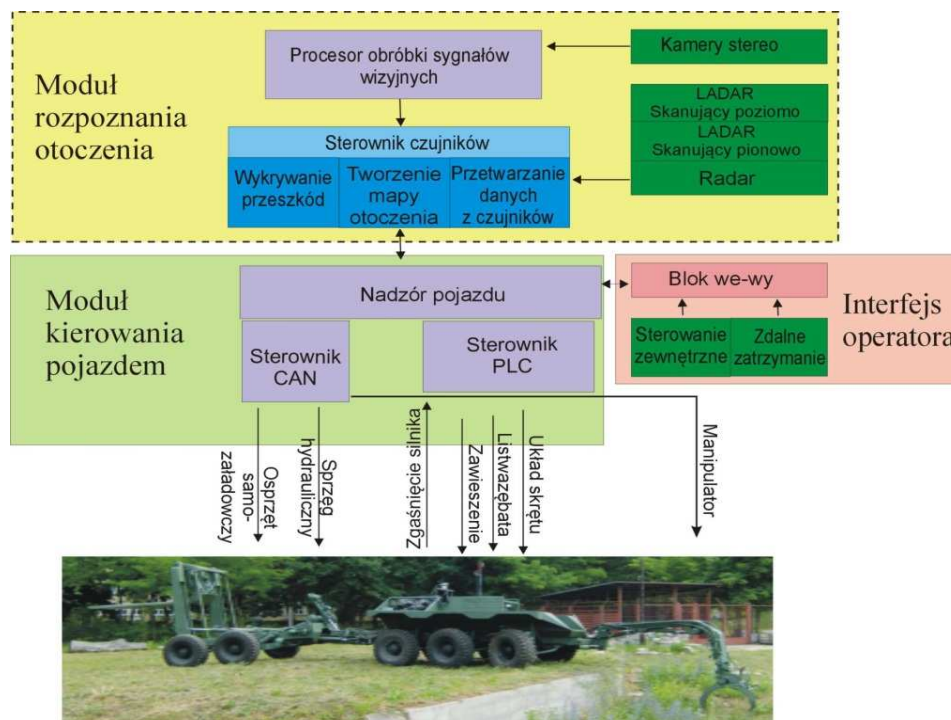
Drugą funkcją jest zapewnianie stałego kontaktu wszystkich kół układu bieżnego z podłożem, szczególnie w trudnych warunkach terenowych. Gwarantuje to minimalizację nacisków na podłoże oraz zapewnia rozwijanie dużych wartości siły uciągu. Jest to osiągane dzięki zastosowaniu w sprzęgu dwóch przegubów poprzecznych i jednego wzdłużnego. Zakres ich ruchliwości umożliwia podjazd na zbocze o kącie pochylenia do 45°, pokonywanie garbów terenowych o kącie rampowym do 120°. Zakres obrotu członu przedniego względem tylnego w osi wzdłużnej nie jest w żaden sposób ograniczony.

Trzecią funkcją sprzęgu jest zwiększanie stateczności wzdłużnej podczas pracy osprzętem widłowym członu II. Osiągane jest to poprzez zablokowanie obydwu przegubów poprzecznych siłownikami hydraulicznymi. Następuje wtedy usztywnienie sprzęgu i tym samym możliwe jest wykorzystanie masy członu I do generowania momentu stykającego.



Rys. 5. Podejmowanie ładunku osprzętem widłowym tylnego członu platformy bezzałogowej z przestrzeni transportowej samochodu ciężarowego [4]

Dla potrzeb sterowania platformą i jej opracowano strukturę modułowego systemu zdalnego sterowania i nawigacji. Łączy on w sobie szereg technologii: fuzja danych z czujników; nawigacja; automatyzacja i sterowanie pojazdem; przetwarzanie sygnałów i tworzenie mapy otoczenia. Podstawowymi elementami systemu są moduły: rozpoznania otoczenia; lokalizacji; nawigacji, kierowania pojazdem, oraz interfejs operatora. Umożliwia to budowę wybranego wariantu układu zdalnego sterowania (rys. 6).



Rys. 6. Schemat układu zdalnego sterowania platformą bezzałogową [4]

2.2 Systemy wsparcia pojedynczego żołnierza

Innym, niezwykle ciekawym rozwiązaniem bezzałogowego pojazdu transportowego jest R-Gator firmy iRobot. Pojazd jest w pełni autonomiczny, posiada jednak mniejsze gabaryty. Jego podstawę stanowi wykorzystywana w wojsku platforma 658cc M-Gator, zasilana silnikiem Diesla, wyposażona w systemy kontroli, nawigacji i omijania przeszkód. Systemy te bazują na systemie *BlueCat Linux*, który według zapewnień producenta jest stabilnym i niezawodnym system operacyjnym odpowiednim zarówno dla małych urządzeń, jak i dla wielkich systemów [3].

Połączenie zaawansowanego oprogramowania i mobilnej platformy wojskowej zaowocowało powstaniem „inteligentnego” pojazdu lądowego (*Unmanned Ground Vehicle – UGV*), mającego samodzielnie podejmować niebezpieczne zadania, włącznie z działaniem jako bezzałogowy zwiadowca, strażnik przedpola, a także jako nośnik amunicji oraz niezbędnego zaopatrzenia potrzebnego żołnierzom. R-Gator może być szybko przestawiany pomiędzy poszczególnymi trybami pracy, czyli autonomicznością, zdalnym oraz ręcznym sterowaniem. Jest to cecha, która pozwala na zastosowanie tej technologii w wielu różnych scenariuszach działań. W trybie autonomicznym pojazd jest w stanie

podążać za żołnierzami (rys. 7). Istnieje również możliwość autonomicznej nawigacji poprzez punkty GPS, wykorzystując system "teach and playback".



Rys. 7. Pojazd R-Gator podążający za żołnierzami [3]

Odpowiedzią na potrzeby w zakresie realizacji zadań wsparcia bezpośredniego drużyny jest dwuczłonowa platforma na podwoziu gąsienicowym Dromader (rys. 8). Zaprojektowana i zbudowana w KBM konstrukcja charakteryzuje się bardzo wysoką mobilnością, rozwija prędkość do 35 km/h, może pracować 12 godzin (czas uzależniony od pojemności zbiornika paliwa), umożliwia transport ładunku o masie 250 kg (może także wykonywać zadania związane z ewakuacją rannych). Hydrostatyczny układ napędowy sterowany w układzie CAN, połączony z układem zdalnego sterowania, pozwala na kierowanie platformą w układzie teleoperacji. Możliwe jest również wyposażenie platformy w osprzęt pozwalający mu na wykonywanie misji związanych z dozorowaniem [1].

a)



b)



Rys. 8. Platforma wsparcia drużyny „Dromader”: a - pokonywanie schodów; b – podążanie za żołnierzem [1]

3. STANOWISKO ZDALNEGO STEROWANIA

Najprostsze systemy zdalnego sterowania wymagają ciągłego, bezpośredniego kontaktu wzrokowego operatora z platformą. Oznacza to mały operacyjny promień działania (do 100 m). Zakres realizowanych zadań w takich systemach (bez możliwości dokładnego podglądu bezpośredniego otoczenia platformy w przypadku zagrożenia) jest ograniczony. Główną ich zaletą, oprócz niskiej ceny, jest stosunkowo mała masa - są łatwe do przeniesienia i mogą stanowić wyposażenie żołnierza. Dodatkowo mały promień operacyjny redukuje zapotrzebowanie na moc i umożliwia długotrwałe działanie systemu przy stosunkowo lekkich bateriach.

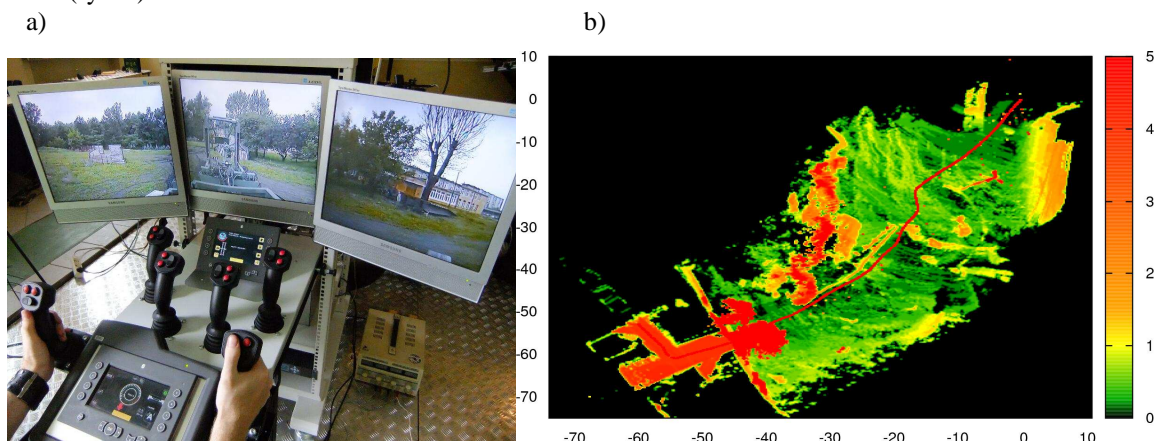
Dodanie kamery i systemu zobrazowania (monitora, gogli, itp.) znacznie rozszerza możliwości wykorzystania platform w warunkach zagrożenia. Najprostsze z nich, dla zapewnienia wysokiej efektywności pracy wymagają śledzenia robota i kierowania w oparciu o kontakt wzrokowy – system wizyjny jest wykorzystywany tylko do wykonywania czynności wymagających dużej precyzji. Ich zasięg działania w terenie otwartym wynosi ok. 200-300 m, natomiast w terenie zabudowanym może być zredukowany do zaledwie kilkunastu metrów [4].

Właściwe zobrazowanie otoczenia i pracy wyposażenia wymaga zwykle zastosowania kilku kamer, często umieszczonych w głowicach obrotowych. Ponadto dla sprawnego operowania robotem niezbędne jest jednoznaczne odzwierciedlenie stanu wyposażenia i wykorzystywanych funkcji. W efekcie powstaje złożony system sterowania kamerami, zobrazowania stanu wyposażenia oraz sterowania robotem, a panel sterowania staje się rozbudowany i nieporęczny.

Bardzo istotnym problemem teleoperacji, ograniczającym możliwości robotów, są opóźnienia w systemie transmisji wizji. Podczas sterowania procesami wolnozmiennymi (np. sterowanie robotami policyjnymi poruszającymi się z prędkościami do 2 km/h) opóźnienia mogą dochodzić do 0,3-0,4 s, nie wpływając negatywnie na efektywność użycia. Większość standardowych cyfrowych łączy wizyjnych spełnia te wymagania. Aplikacje wojskowe, wymagające wysokich prędkości działania mają jednak znacznie wyższe wymagania - dopuszczalne opóźnienia w torze transmisji wizji nie mogą przekraczać 0,1 s.

Ponadto teleoperacja wymaga dużego obciążenia kanałów transmisji wizji – niezbędne są łącza szerokopasmowe. Przydatne do tego celu pasma wojskowe mają wysokie częstotliwości (powyżej 1 GHz), które jednak ograniczają ich zdolności propagacyjne w terenie zurbanizowanym oraz porośniętym roślinnością, stąd efektywny dystans teleoperacji platformami lądowymi w korzystnych warunkach (teren otwarty) nie przekracza zwykle 1-1,5 km, natomiast w niekorzystnych warunkach może wynosić zaledwie kilkadziesiąt metrów. W celu zwiększenia niezawodności systemu, zaleca się wykorzystanie do sterowania platformą dostępnych wąskich pasm o niskiej częstotliwości, o lepszych właściwościach propagacyjnych. Wówczas po utracie łączności wizyjnej będzie możliwość wycofania robota i kontynuowania misji poszukując innych dróg jej realizacji.

Opracowane w KBM WME WAT stanowisko zdalnego sterowania zawiera elementy niezbędne do sterowania układem napędowym pojazdu, jego lokalizacji i wizualizacji otoczenia. Podstawowymi zespołami stanowiska są: szafa wraz z urządzeniami kontrolno-sterującymi, pulpit sterowniczy wraz z monitorami oraz podstawa z fotelem, przewodami, wspornikami (rys. 6).



Rys. 9. Stanowisko zdalnego sterowania: a – manewrowanie platformą „Boguś”; b – mapa otoczenia budowana na podstawie danych z dalmierzy laserowych [4]

W celu ich właściwej oceny oraz zwiększenia efektywności sterowania budowane są systemy teleobecności. Oprócz informacji standardowych dla teleoperacji, powinny one dostarczać informacji zarówno „na żądanie” – np. ukazywać obraz z kierunku wybieranego na bieżąco ruchem głowy, jak i informacji oddziałujących na podświadomość - np. pochylenie terenu, czy stopień obciążenia układu napędowego bez konieczności śledzenia wskaźników. Prowadzone są również prace nad systemami poprawiającymi percepcję sterowania osprzętami np. poprzez wprowadzenie wyczuwania sił i obciążeń działających na osprzęty. Uzyskiwane obecnie rezultaty nie są jednak adekwatne do ich złożoności i kosztów, a ponadto mało efektywne w warunkach polowych.

4. WNIOSKI

Robotyzacja staje się jednym z głównych kierunków rozwoju sił zbrojnych. W przypadku platform lądowych jest to szczególnie trudne, z uwagi na duże wymagania odnośnie samego nośnika oraz systemu łączności i sterowania. Obecnie, nawet w najbardziej rozwiniętych państwach, dominują rozwiązania w systemie teleoperacji. Zaprezentowane konstrukcje również pracują w tym trybie i pozwalają na zdobywanie cennych doświadczeń badawczych. Umożliwia to ich dalsze doskonalenie, a jednocześnie testowanie i rozwój innych, bardziej zaawansowanych technologii bezzałogowych.

Rosnąca rola techniki opartej na systemach bezzałogowych, umożliwiających wykorzystanie wysoko zautomatyzowanych środków transportu, wymaga prowadzenia prac badawczych nad nowymi opracowaniami ich systemów kierowania.

Przedstawione w referacie propozycje platform stanowią podstawę do prac nad opracowaniem typoszeregu bezzałogowych transportowych. Ich efektem powinno być opracowanie efektywnego systemu transportu bezzałogowego.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Konopka S, Łopatka M., Muszyński T., Typiak A.: Stan i perspektywy rozwoju bezzałogowych platform lądowych, Problemy Maszyn Roboczych, Z. 32 /2008
- [2] Kozicka A., Typiak A., Kierunki rozwoju systemów transportowych. Zeszyty Logistyczne nr 31. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2006.
- [3] Typiak A., Poziomy rozwoju autonomiczności bezzałogowych pojazdów lądowych. Zeszyty Logistyczne nr 29. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2004.
- [4] Typiak A. i inni: Bezzałogowy pojazd do wykonywania zadań specjalnych w strefach zagrożenia. Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego. WAT Warszawa 2011.