

LOTNICZE MIKROSYSTEMY ROZPOZNAWCZE DLA POJAZDÓW LĄDOWYCH

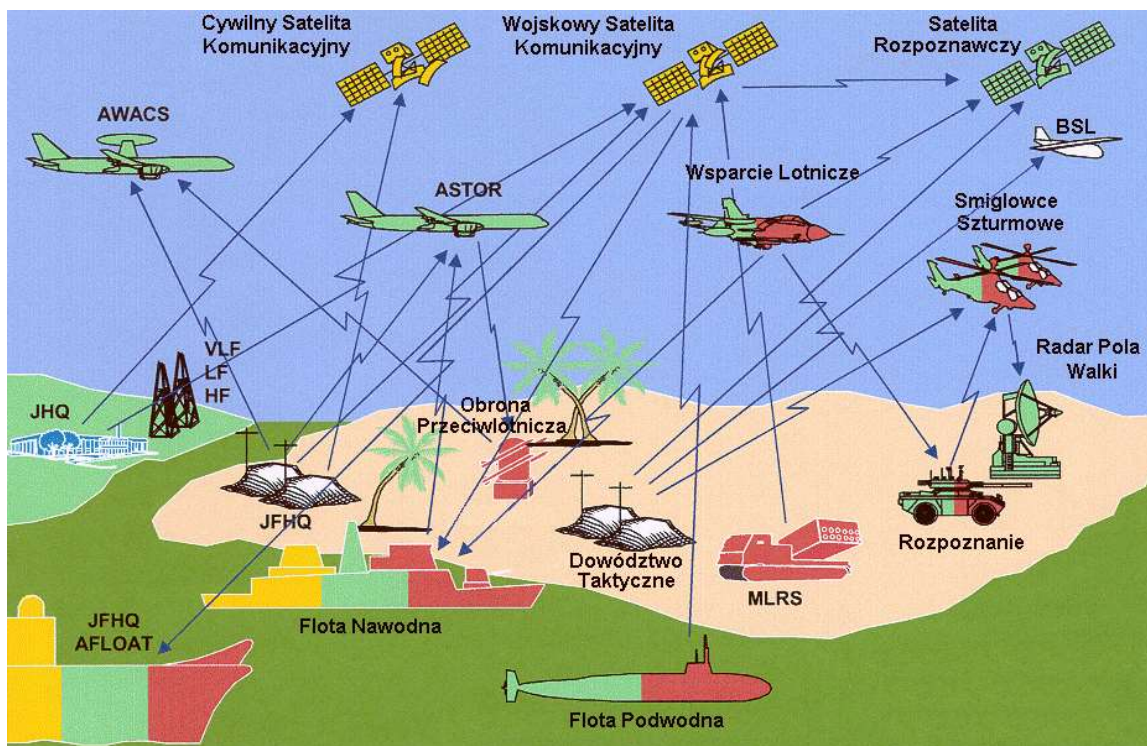
Streszczenie: W artykule omówiono niedawno rozpoczęte prace mające na celu stworzenie systemów rozpoznania lotniczego bliskiego zasięgu do indywidualnego użytku żołnierza. Opisano możliwości zastosowania takiego systemu jako wyposażenia pojazdu lądowego przy obecnych możliwościach technicznych.

1. WSTĘP

Zasadniczym czynnikiem pozwalającym na osiągnięcie sukcesu na polu walki jest Dominacja Informacyjna. Można ją zdefiniować jako „posiadanie większej ilości informacji o przestrzeni walki, zdolność wykorzystania tej przestrzeni, zdolność wykorzystania tej informacji szybciej i zapobieżenia zdobyciu i wykorzystaniu przez przeciwnika informacji mogących dać mu przewagę bojową” [1]. Rozwijając tę definicję można powiedzieć, że Dominacja Informacyjna to zarządzanie bitwą poprzez:

- zbieranie, rozprzestrzenianie i asymilowanie właściwych informacji we właściwym czasie przez właściwych ludzi,
- wypracowywanie lepszych decyzji przez poprawianie interakcji:
 - między ludźmi,
 - między ludźmi a zebranymi lub monitorowanymi informacjami,
- dostarczanie precyzyjnych informacji precyzyjnym broniom,
- odpowiedź na ewoluujące warunki.

Niestety, współczesna informacyjna przestrzeń walki jest niesłychanie skomplikowana (rys.1).

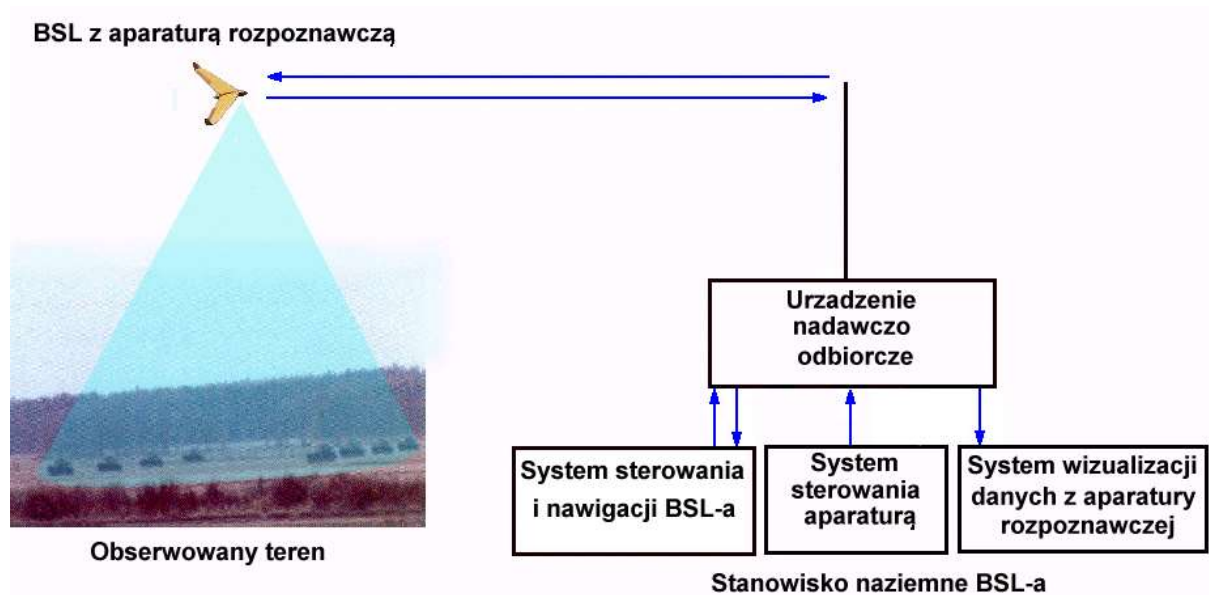


Rys.1 Przykład współczesnej informacyjnej przestrzeni walki [1].

Tak więc realizacja wymienionych zadań, a zwłaszcza pierwszego z nich staje się niesłychanie trudna. Pojawiła się więc konieczność zapewnienia indywidualnych środków rozpoznania lotniczego małym oddziałom wojska (pluton), a nawet poszczególnym żołnierzom.

2. ROZPOZNAWCZE SYSTEMY Z BEZZAŁOGOWYMI STATKAMI LATAJĄCYMI (BSL)

Rozpoznawcze systemy wyposażone w Bezpilotowe Statki Latające stosuje się powszechnie już od czasów Wojny Wietnamskiej. Ich głównymi zaletami są niskie koszty, duża elastyczność i brak zagrożenia dla operatorów wynikającego z ognia artylerii przeciwlotniczej. Uproszczony schemat takiego systemu przedstawia rys. 2.



Rys. 2 Schemat rozpoznawczego systemu z BSL-em

System taki składa się ze stanowiska naziemnego oraz BSL-a. Po starcie ze stanowiska zlokalizowanego z dala od nieprzyjaciela, BSL leci nad obszar, nad którym ma być dokonane rozpoznanie i tam przy pomocy swojego wyposażenia zbiera istotne informacje. Informacje te, zazwyczaj transmitowane są drogą radiową do stanowiska naziemnego. Mogą też być zapisane w pamięci pokładowego rejestratora. W skład aparatury rozpoznawczej wchodzi najczęściej urządzenia nadawcze, rejestratory oraz czujniki:

- kamery pracujące w paśmie widzialnym,
- kamery pracujące w podczerwieni,
- czujniki wykrywające skażenie ABC,
- czujniki do badania pogody.

Oprócz aparatury rozpoznawczej BSL jest wyposażony w układ sterowania pozwalający na bezpieczny dolot do obszaru rozpoznania, wykonanie misji i powrót do stanowiska naziemnego. Może to być stosunkowo prosty układ zdalnego sterowania, w którym naziemny operator wypracowuje i przesyła komendy, odbierane na pokładzie BSL-a i przetwarzane wprost na wychylenia sterów. Obecnie jednak częściej spotyka się BSL-e wyposażone w autopiloty pozwalające na autonomiczne wykonanie misji. Rolą naziemnej części układu

nawigacji i sterowania jest tu planowanie misji, dostarczenie operatorom informacji o położeniu BSL-a w czasie jej trwania oraz wprowadzanie ewentualnych korekt do jej planu. Użytkowane obecnie systemy wielokrotnie udowodniły swoją użyteczność. Ze względu jednak na swoje rozmiary i masę nie nadają się jako źródła informacji dla małych oddziałów wojska. Przykładowy system tego rodzaju przedstawiony jest na rys. 3.



Rys. 3 Czeski system rozpoznawczy Sojka

W ostatnich latach, dzięki miniaturyzacji urządzeń mechanicznych i elektronicznych (MEMS) możliwe stało się stworzenie systemu, którym mógłby się posługiwać pojedynczy żołnierz, lub który mógłby być zainstalowany na każdym wojskowym pojeździe lądowym.

3. PERSPEKTYWY MINIATURYZACJI BSL-I

Pierwszym systemem mającym zapewnić rozpoznanie małym oddziałom wojska był amerykański Pointer. Pierwsze prototypy były testowane w czasie „pustynnej Burzy”, do chwili zaś obecnej zbudowano ponad 100 egzemplarzy. Niemal równocześnie w Polsce badany był system o nazwie Cameleon rys.4.



Rys. 4 Od lewej: Pointer [15] i Cameleon

Oba te systemy były jednak nadal za duże (masa ~5kg, minimalna obsługa - 2 osoby), aby można je było uznać za nadające się do indywidualnej eksploatacji przez małe jednostki bojowe.

Postęp miniaturyzacji doprowadził w końcu do sytuacji, w której możliwe jest podjęcie prac nad systemami znacznie mniejszymi. Najbardziej zaawansowane pod tym względem są Stany Zjednoczone. W 1992 roku w MIT Lincoln Laboratory przeprowadzono, zakończoną powodzeniem analizę możliwości budowania Mikro Bezpilotowych Statków Latających (MBSL). W 1995 prace weszły w fazę Feasibility Study, w 1996 zaś rozpoczęto organizację warsztatów dla potencjalnych konstruktorów. W 1997 Georgia Institute of Technology zorganizowała „First International Conference on Emerging Technologies for Micro Air Vehicles” [12]. W tym samym czasie DARPA ogłosiła konkurs na projekty

MBSL-i [8]. Jednym z warunków technicznych okazały się tu maksymalne wymiary nie większe niż 150mm. Dzięki temu możliwe stałoby się dodanie mikrosamolotu do ekwipunku każdego żołnierza. Małe rozmiary drastycznie utrudniają również wykrycie i zestrzelenie mikrosamolotu. Nie będzie się on bowiem odróżniał nawet od niewielkich ptaków.

Wśród zwycięzców pierwszego etapu znalazły się zarówno duże (Lockheed), jak i bardzo małe, jednoosobowe firmy [5, 7]. Co jest dowodem na to, że możliwe jest projektowanie takich systemów w nadzwyczaj skromnych warunkach. Niektórzy spośród laureatów pierwszego etapu konkursu DARPA to:

- Aerodyne Corp projektuje latający spodek „Hyperav” zdolny do utrzymywania się w zawisie. Masa tego pojazdu wynosić będzie około 300g, źródłem zaś energii będzie paliwo ciekłe.
- M-DOT rozwija turbinę gazową o długości 75mm, średnicy 40mm i ciągu około 7,5N.
- IGR Enterprises Inc. przygotowuje stałe tlenkowe ogniwo paliwowe (solid oxide fuel cell) mogące stanowić źródło energii wystarczające 50 gramowemu BSL-owi na kilka godzin lotu
- Lutronix Corp. opracowuje mikrośmigłowiec o średnicy wirnika 100mm.
- Vanderbilt University bada mechanikę ruchu skrzydeł owadów. Przy konstrukcji modelujących je mechanizmów stosuje się tu siłowniki piezoelektryczne.
- SRI International wraz z Uniwersytetem w Toronto prowadzi prace nad ornitopterem napędzanym przez elektrostrykcyjne, polimerowe, sztuczne mięśnie.
- Georgia Tech Research Institute prowadzi podobne prace z zastosowaniem mięśni chemicznych
- MIT podjęło się budowy silnika turboodrzutowego o ciągu około 0.13N.
- D-STAR Engineering of Shelton konstruuje zasilany kerozyną ceramiczny silnik wysokoprężny o masie 20g i mocy 20W wraz z 5W prądnicą.
- Technology in Blacksburg Inc. bada generatory termoelektryczne, które mogłyby odzyskiwać ciepło tracone przez bardzo małe silniki.
- Lockheed bada MBSL MicroStar o masie 86g i rozpiętości około 150mm w układzie latającego skrzydła z napędem elektrycznym [3, 4].
- AeroVironment i MLB [2,13,15] prowadzą podobne prace z MBSL-ami o masie 50g.

Innym z założeń konkursu DARPA było osiągnięcie bardzo małych kosztów MBSL-i. W ostatecznej wersji MBSL nie powinien być droższy niż pocisk przeciwpancerny. Niskie koszty produkcji seryjnej wraz z bardzo małymi rozmiarami i zakładaną prostotą obsługi mają pozwolić na przekształcenie mikrosamolotów w indywidualny środek rozpoznawczy przyszłego żołnierza (rys. 5).



Rys. 5 Indywidualny system rozpoznawczy przyszłości wg koncepcji Lockheed Martin-a.

Dokładniejsza analiza rozwiązań nagrodzonych w konkursie DARPA wykazuje iż najlepsze konstrukcje mają masy pomiędzy 50 a 300g. Okazuje się, że tak małe pojazdy latające mogą spełniać wiele funkcji takich jak [6,9,10]:

- rozpoznanie małego zasięgu na korzyść małych oddziałów wojska, zarówno w terenie otwartym (rys.5), jak i zurbanizowanym, a nawet wewnątrz budynków,
- badanie skażeń ABC,
- poszukiwanie ludzi wewnątrz zasypanych budynków,
- rozpoznanie na korzyść zestrzelonych pilotów,
- oznaczanie celów,
- roznoszenie czujników,
- badanie skutków ostrzału,
- kontrola ruchu drogowego (zwłaszcza w mieście)
- operacje przeciwpożarowe,
- itd.

Stworzenie systemu wykorzystującego mikrosamoloty napotyka jednak na razie na spore trudności. Podstawowe z nich wynikają z braku informacji dotyczących aerodynamiki małych liczb Reynoldsa.

$$Re = \frac{l \cdot V_0}{\nu}$$

gdzie:

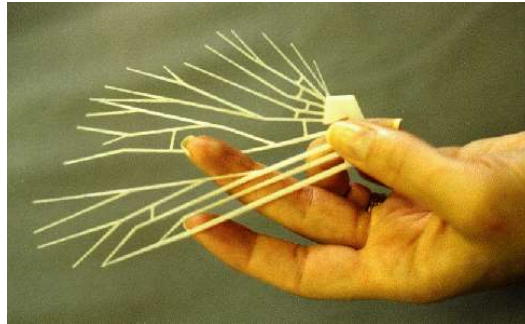
- Re - liczba Reynoldsa
 L - średnia cięciwa (szerokość) skrzydła
 V₀ - prędkość w przepływie niezakłóconym
 ν - lepkość kinematyczna powietrza

Poniżej pewnej – krytycznej liczby Reynoldsa, własności aerodynamiczne klasycznych profili lotniczych i śmigieł znacznie się pogarszają. Dlatego też wiele z badanych obecnie mikrosamolotów posiada skrzydła o małej rozpiętości i stosunkowo dużej cięciwie rys. 6.



Rys. 6 Niektóre z obecnie badanych mikrosamolotów.

Z drugiej strony, z codziennego życia znane są przykłady zwierząt latających przy skrajnie niskich liczbach Reynoldsa, a mimo to posiadających doskonałe własności aerodynamiczne. Z tego też względu niektórzy konstruktorzy skłaniają się do stosowania układu ornitoptera lub entomoptera [6,12] rys. 7.



Rys. 7 Skrzydło Entomoptera opracowywanego w Georgia Tech Research Institute.

MBSL mógłby być wtedy napędzany przy pomocy sztucznych, chemicznych mięśni [14]. Dużym problemem jest również osiągnięcie dużej gęstości magazynowania energii niezbędnej do napędu i transmisji danych z tak małego obiektu. Dotyczy to zwłaszcza najwygodniejszych z punktu widzenia eksploatacji, napędów elektrycznych. Współczesne źródła prądu, przy małych rozmiarach i masie, mają niewielką pojemność. Co gorsza, mają również dużą oporność wewnętrzną. Stanowi to znaczne ograniczenie, tym bardziej, że z pokładowego źródła prądu korzystać musi również całe wyposażenie łącznie z nadajnikiem telewizyjnym. Oprócz rozwijania małych akumulatorów o dużej pojemności, mikrosilników spalinowych (w tym odrzutowych), mikroprądnic i urządzeń odzyskujących energię z ciepła wypromieniowywanego przez silniki, rozwiązaniem może się tutaj okazać zastosowanie zewnętrznych źródeł energii. Istnieje dla przykładu koncepcja dostarczania energii do mikrosamolotu za pośrednictwem mikrofal [11]. Problemem jednak jest tu wymaganie pracy w otoczeniu licznych przeszkód terenowych.

Istotnym problemem jest również sposób sterowania MBSL-a. Skrajnie mała bezwładność powoduje bardzo szybkie reakcje samolotu na wychylenia sterów i poddmuchy wiatru. Może się okazać, że zdalne sterowanie takich obiektów wymaga od pilota nadzwyczajnych umiejętności. Takich umiejętności nie można oczekiwać od przeciętnego żołnierza. Zakłada się więc konieczność stosowania mikroautopilotów. W przypadku niektórych czujników (zwłaszcza giroskopowych) może to wymagać stosowania aktualnie rozwijanych Systemów Mikro Elektro Mechanicznych (MEMS).

Podobne problemy pojawiają się przy projektowaniu wyposażenia MBSL-i. Również ono musi być nadzwyczaj małe, lekkie i zużywać bardzo małe ilości energii.

Wszystkie te problemy powodują, że projektowanie mikrosamolotów wymagać będzie zupełnie nowego podejścia. Najprawdopodobniej nie da się już odróżnić płatowca od zespołu napędowego i wyposażenia. Jest całkiem możliwe, że w obiektach takich silnik będzie na przykład spełniał funkcję fragmentu struktury nośnej kadłuba, zawiasy będą również serwomechanizmami, a anteny statecznikami [9].

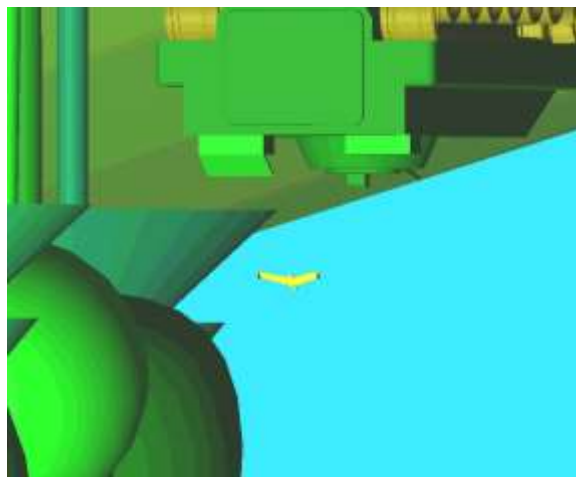
Wszystkie opisane powyżej problemy i technologie służące ich rozwiązaniu są obecnie badane i dotyczą urządzeń, które pojawią się za kilka lat. Mimo to, już w tej chwili możliwe są do realizacji praktyczne systemy mikrosamolotowe.

4. PRZYKŁAD SYSTEMU MOŻLIWEGO DO ZREALIZOWANIA PRZY OBECNYM STANIE TECHNIKI

Bardzo małe wymiary MBSL-a są koniecznością w przypadku wymagania transportowalności w indywidualnym ekwipunku żołnierza. Jeśli jednak założymy, że MBSL ma stanowić wyposażenie plutonu, to można przyjąć, że oddział ten będzie wyposażony w

pojazd. Można więc pozwolić na umieszczenie zasobnika z MBSL-em (-ami) i wyrzutnią na konstrukcji tego pojazdu, rys. 8.

W tej sytuacji wymagania co do rozmiarów samolotu nie są już tak rygorystyczne. Swoje zadania może spełnić samolot o rozpiętości około 0.5m. Tego rodzaju MBSL-e są już budowane i testowane w Polsce rys. 9.



Rys. 8 Start mikrosamolotu z Bojowego Wozu Piechoty



Rys. 9 Polski MBSL „Pszczoła” o rozpiętości 0,635m i masie 170g

W chwili obecnej trwają badania nad możliwością zdalnego sterowania obiektem o takich wymiarach i masie, na podstawie obrazu z kamery telewizyjnej, znajdującej się na jego pokładzie, transmitowanego na ziemię w czasie rzeczywistym. Ewentualne powodzenie tych prób pozwoli na stworzenie systemu możliwego do zamontowania na pojeździe lądowym i obsługiwanego przez dwie osoby: pilota i obserwatora.

Tego rodzaju system mógłby stanowić uzupełnienie standardowego wyposażenia pojazdów rozpoznawczych. Byłby on używany w sytuacjach, w których inne rodzaje sprzętu rozpoznawczego nie dają wystarczającej ilości informacji, a zmiana lokalizacji pojazdu na korzystniejszą z punktu widzenia efektywności rozpoznania jest zbyt niebezpieczna. Sytuacja taka może wystąpić przy rozpoznaniu terenów zalesionych, górzystych, pagórkowatych lub skażonych. Szczególne znaczenie może mieć wykorzystanie takiego systemu w warunkach walk w mieście, gdzie znaczna ilość przeszkód zmniejsza możliwości tradycyjnych metod rozpoznania.

Możliwe jest również wyposażenie w taki system innych pojazdów bojowych np. kołowych i gąsienicowych transporterów opancerzonych. System ten pełniłby wówczas rolę środka rozpoznania "ostatniej szansy". Byłby on stosowany w przypadku, gdyby transporter odłączył się od kolumny, a jego załoga straciła orientację w terenie, co może się zdarzyć w warunkach szybkich działań manewrowych. Wykorzystanie opisanego systemu mogłoby wówczas pozwolić np. na powrót do kolumny, lub przynajmniej na teren zajmowany przez własne wojska.

5. LITERATURA

- [1] ELDER R. P., IRVIN K.: „Meeting the Commanders Information Aspirations ?”, materiały konferencyjne z Vth European Armoured Fighting Vehicle Symposium, Shrivenham 29 Feb- 2 March 2000.
- [2] „The Trochoid”, <http://www.sirius.com/~mlbco/trochoid>, November 29, 1998.
- [3] FULGHUM D.A.: „Miniature Air Vehicles Fly Into Army’s Future”, Aviation Week&Space Technology, November 1998.
- [4] „Little Wonder. Tiny MicroStar aims for big impact on battlefield reconnaissance”, Lockheed Martin Today, August 1998.
- [5] DORNHEIM M.A.: „Tiny Drones May Be Soldier’s New Tool”, Aviation Week&Space Technology, June 1998.
- [6] Stone „Flying into the Future”, Research Horizons, February 24, 1998.
- [7] „Darpa Selects Micro Air Vehicle Contractor”, Defense LINK, U.S. Department of Defense, December 12, 1997.
- [8] „Tactical Technology Solicitations BAA 97-29 and 97-30”, Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), 6 June 1997.
- [9] M. McMiachael, M. S. Francis „Micro Air Vehicles – Toward a New Dimension in Flight”, http://www.darpa.mil/tto/MAV/mav_auvsi.html , December 18 1997.
- [10] Dwortzan M.: “It’s a Fly! Tt’s a Bug! It’a a Microplane”, <http://www.techreview/articles/oct97/reporter>, October 1997.
- [11] KUSKA D.: „Micro –UAVs possible in near future”, Army LINK News, 16 June 1997.
- [12] „Learning From The Birds And Bees: Engineers Look To Insects For Ideas In Designing Tiny >>Micro Air Vehicles<<”, Georgia Tech Research News, February 6, 1997.
- [13] MORRIS S. J.: „Design And Flight Test Results For Microaized Fixed-Wing And VTOL Aircraft”, Proceedings of The First International Conference on Emerging Technologies for Micro Air Vehicles, Georgia Institute of Technology, Atlanta GA, February 1997, <http://www.sirius.com/~mlbco/mav.html>.
- [14] MICHELSON R., HELMICK D.: S. Reece, C. Amarena „A reciprocating Chemical Muscle (RCM) for Micro Air Vehicle >>Entomopter<< Flight”, http://avdil.gtri.gatech.edu/RCM/RCM/Entomopter/AUVSI-97_EntomopterPaper.html.
- [15] Materiały reklamowe i informacyjne: Aerovironment, Intelligent Automation Inc., LockheedMartin, MLB, GIWS, Vanderbilt University, Georgia Tech Research Institute, VTUL a PVO.

AIR RECONNAISSANCE MICROSYSTEMS FOR LAND VEHICLES

Abstract: The paper presents emerging R&D projects on short-range air reconnaissance systems for use by an individual soldier. Potentials to apply this kind of system in a land vehicle in current state of technology are described.

Recenzent: inż. Marek Ł. GRABANIA