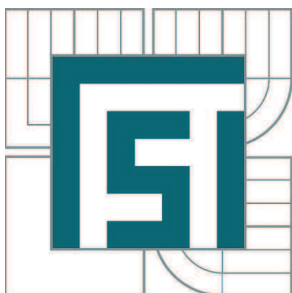


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

PŘEHLED MINIATURNÍCH BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ

SUMMARY OF MICRO UNMANNED AERIAL VEHICLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN KREJČÍ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. IVAN DOFEK

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Krejčí

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Přehled miniaturních bezpilotních prostředků

v anglickém jazyce:

Summary of Micro Unmanned Aerial Vehicle

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvořte obecný přehled miniaturních bezpilotních letounů. V přehledu uveďte technické parametry, obrazovou dokumentaci a oblast použití jednotlivých typů.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je vytvoření přehledu miniaturních bezpilotních letounů.

Seznam odborné literatury:

Jane's: Unmanned aerial vehicles and targets, Jane's Information Group Limited, UK, 2008
<http://www.wikipedia.org>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivan Dofek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá přehledem miniaturních bezpilotních letounů. Je zde uveden jejich stručný historický vývoj, rozdělení bezpilotních prostředků a vymezení kategorie Micro, přehled vybraných zástupců kategorie Micro a jejich parametrů, včetně obrazové dokumentace. Dále Práce obsahuje možné využití těchto letounů a stručné informace o problematice umělé inteligence používané k ovládání těchto letounů.

Klíčová slova: Miniaturní bezpilotní prostředek, MAV, přehled, historie, použití, umělá inteligence

Abstract

This bachelor's thesis deals with summary of miniature unmanned aerial vehicles. There is a reference to their historical development, the categorization of unmanned aerial vehicles and definition of the category Micro. This thesis contains survey of some chosen representative members of category Micro including their parameters and picture documentation. The next part of this thesis deals with possible applications of the miniature aerial vehicles and basic information about artificial intelligence used for controlling these aerial vehicles.

Keywords: Miniature aerial vehicle, MAV, overview, history, application, artificial intelligence

Bibliografická citace bakalářské práce

KREJČÍ, J. *Přehled miniaturních bezpilotních prostředků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivan Dofek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití zdrojů uvedených na konci práce.

V Brně 23.5.2012

.....

podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mě jakýmkoliv způsobem podporovali při tvorbě této bakalářské práce. V první řadě vedoucímu práce panu Ing. Ivanu Dofkovi za podporu, ochotu a množství užitečných rad, které mi během tvorby poskytnul. Chci také poděkovat členům mé rodiny za trpělivost a ohleduplnost, které mi během tvorby prokazovali.

OBSAH

1. Miniaturní bezpilotní prostředky- úvodní informace	3
1.1 Definice a základní informace	3
1.2 Historie	6
1.3 Rozdělení	7
2. Miniaturní bezpilotní prostředky	11
2.1 Zástupci	11
2.1.1 BAE- Systems MicroSTAR	11
2.1.2 AeroVironment BlackWidow, Wasp	12
2.1.3 Raytheon SilentEyes	14
2.1.4 Stanford Mesicopter	15
2.1.5 EADS DS Do-MAV	15
2.1.6 Diehl SensoCopter	16
2.1.7 AIA Mosquito	17
2.1.8 Honeywell MAV	17
2.1.9 AV FQM-151 Pointer, RQ-11 Raven	19
2.1.10 Parrot ARDrone	21
2.1.11 Lockheed Martin Samarai	23
2.1.12 AV SkyTote	24
2.1.13 Stručný přehled dalších zástupců	25
2.2 Mise	26
2.3 Problematika miniaturních bezpilotních prostředků	29
3. Závěr	30
Seznam použitých zdrojů	31
Seznam použitých zkratk	35

1. Miniaturní bezpilotní prostředky- úvodní informace

V úvodu je přibližně nastíněn koncept této bakalářské práce. Nejprve je definován problém, miniaturní bezpilotní prostředky, jehož se tato práce týká. Dále je uvedeno základní rozdělení a také stručný náhled do historie tohoto tématu. V hlavní části dokumentu je předložen rešeršní soupis některých v současnosti vyráběných, vyvíjených a používaných miniaturních bezpilotních prostředků, dále jejich možné praktické použití, a také zajímavé problémy z oblasti miniaturních bezpilotních prostředků. Na závěr je provedeno souhrnné zhodnocení.

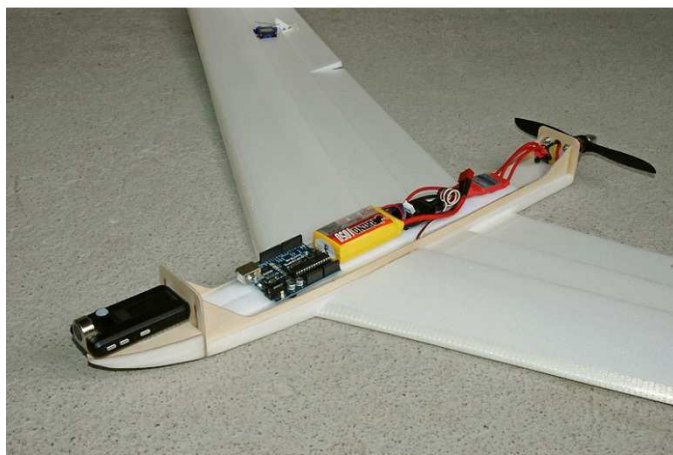
1.1 Definice a základní informace

Tématem práce jsou “miniaturní bezpilotní prostředky“. Nejprve je potřeba definovat základní pojmy. “Bezpilotní prostředek či letoun“ (UAV – unmanned aerial vehicle) je letadlo bez pilotní posádky na palubě, které je řízeno buď na dálku operátorem, nebo je schopné létat samostatně a podle předem naprogramovaných letových plánů či pomocí systému umělé inteligence plnit zadané úkoly. Slovo “miniaturní“ definuje pouze velikost tohoto bezpilotního prostředku.

Podle ČSN normy číslo 31 0001: je “bepilotní letoun“ definován jako letadlo způsobilé létat bez pilota, které je za letu řízeno automatickým zařízením nebo dálkově ze země.

Dále je potřeba uvést několik základních informací k vlastní konstrukci bezpilotních letounů a bezpilotních systémů. Bepilotní letecké systémy se všeobecně skládají ze šesti hlavních složek:

- 1.) letounu, který je použit především jako nosič nákladu. Konstrukce letounu může být velmi různorodá podobně jako jeho rozměry (viz. následující část)



Obr1: Pohled na tělo letounu a vnitřní prostor pro umístění užitečného nákladu

- 2.) nákladu, jímž je většinou nějaké funkční zařízení, odpovídající svým druhem charakteru mise



Obr 2: příklad kamery jako zástupce funkčních zařízení



Obr 3: ukázka umístění funkčního zařízení na těle letounu

- 3.) systému řízení, který je realizován buď jako řídicí stanice, z níž pozemní operátor daný letoun ovládá, nebo je bezpilotní letoun řízen pomocí počítačového systému umělé inteligence. Systém umělé inteligence může být instalován přímo v letounu nebo v externím zařízení, které je většinou situováno v pozemním řídicím centru.



Obr 4: Řídicí centrum



Obr 5: 2 další příklady řídicích stanic

4.) systému datové komunikace, která slouží pro přenos informací z letounu do řídicí jednotky a naopak, případně mezi letouny navzájem

5.) podpůrného vybavení (například přenosné startovací zařízení, systémy na dobíjení baterií atd.)



Obr 6: Katapultovací zařízení

6.) pozemních operátorů, kteří celý systém řídí. To ale nemusí nutně znamenat, že řídí přímo letouny. V případě že jsou v rámci systému letouny vybaveny umělou inteligencí, operátoři většinou jen zadají úkoly a následně vyhodnotí jejich splnění.

Zdroj [4]

1.2 Historie

Počátkem 90. let 20. století vyvstal požadavek na praktické využití malých či velmi malých bezpilotních prostředků. V roce 1992 organizovala DARPA (The Defense Advanced Research Project Agency- Agentura pro výzkum pokročilých obranných projektů) seminář nazvaný: „Future Technology-Driven Revolutions In Military Operation“ (Budoucí Technologické Revoluce ve Vojenských operacích). Jedním z témat tohoto semináře byli „mobile microrobots“ (mobilní miniaturní roboti). Myšlenka použití miniaturních bezpilotních prostředků byla projednána, a i přes počáteční pochybnosti, se tato myšlenka začala rozvíjet. První koncepty, studie a návrhy se začaly objevovat mezi lety 1994-1996. Výsledkem těchto výzkumných aktivit bylo, že myšlenka miniaturních bezpilotních prostředků je uskutečnitelná a že tyto stroje budou s největší pravděpodobností v praxi použitelné. V roce 1997 spustila DARPA, v reakci na tyto výsledky, program na vývoj MAV. Tento program byl dotován více než 35 miliony dolarů, což zaručilo účast předních amerických vývojových center. Hlavními cíli tohoto programu bylo navrhnout miniaturní bezpilotní prostředek ne větší než 15 centimetrů, který by byl vybaven přístrojem pro denní i noční snímkování, měl letovou výdrž přibližně 2 hodiny a byl co možná nejlevnější. Dalšími požadavky byly: vysoká provozní autonomie, vysoká obratnost a možnost vznášet se a létat vertikálně, pro účely operačního nasazení ve městech nebo uvnitř budov. Dané požadavky vycházely z představy, že tyto prostředky budou používány především pro armádní účely v bojových situacích v městském prostředí. Tato první fáze projektu byla ukončena v roce 2001. Výsledkem těchto projektů byla skupina MAV mezi které patří například:

Lockheed Sanders “Microstar“

CIT AeroVironment and UCLA “MicroBat“ ornithopter,

Lutronix corporation “Kolibri“ micro-helicopter

AeroVironment “Black Widow“ flying wing

O některých z těchto zástupců bude zmíněno více v další části práce.

Dále se studie v této oblasti zaměřovaly na splnění konkrétních požadavků zadaných na základě operačních potřeb a odstranění problémů, které se vyskytly v první fázi. Šlo především o problémy s pohonem MAV. Pro pohon byly z počátku vybrány elektromotory, které byly ideální z hlediska poměru hmotnost/výkon. Problémem ale byly baterie, které byly příliš těžké. Dalším velkým problémem byla nosnost MAV systémů. Snahy o splnění zadání projektu DARPA na vývoj MAV skončily ne příliš úspěšně. Po zpětném vyhodnocení těchto vývojových činností vyšlo najevo, že 15 centimetrové UAV bylo příliš malé na to, aby bylo schopné splnit zbylé požadavky zejména na nosnost, letovou výdrž a dolet. Přestože požadavek na velikost byl nereálný, zdálo se, že koncept MAV jako takový by mohl dosahovat přesvědčivých výsledků, pokud by bylo použito MAV větších rozměrů. V roce 2002 spustila DARPA navazující program ve spolupráci s US Army na vývoj většího MAV. Tento prostředek s pohonem na principu tunelového ventilátoru měl mít přibližně dvakrát větší rozměry, než byl původní požadavek na 15 centimetrový stroj. Z této fáze vývoje stojí za zmínku výrobky: iSTAR vyvinutý firmou Honeywell nebo prostředek OAV-2 vyvinutý pod záštitou DARPA. Firma AeroVironment pokračovala ve vývoji nástupců svého modelu Black Widow. Výsledkem byly modely Wasp a později Hornet. Vzhledem k pokračujícímu vývoji v oblastech elektrotechniky, elektroniky, baterií, zobrazovací a komunikační počítačové techniky jsou představy o MAV v ptáčích či dokonce hmyzí velikosti realističtější než dříve. I přesto bude ale ještě za potřebí významnějších pokroků ve vývoji v těchto oblastech. Díky projektům DARPA se MAV dostaly do povědomí širší veřejnosti a objevila se spousta organizací a dokonce i nadšenců, kteří se snaží vyvinout vlastní MAV nejen pro armádní účely. Jako příklad je možné uvést produkty AR.Drone firmy Parrot, které slouží k převážně

zábavným účelům.

Bezpilotní systémy mají široké využití a to jak ve vojenské tak v civilní oblasti. O této problematice bude blíže pojednávat část práce věnovaná misím. Bezpilotních letounů je celá řada, jak bude uvedeno v následující části.

Zdroj [6]

1.3 Rozdělení bezpilotních prostředků, vymezení kategorie MAV

Bezpilotní letouny mohou být děleny do kategorií podle velkého množství nejrůznějších hledisek, za hlavní je však všeobecně považováno rozdělení dle použití. Dle tohoto hlediska se bezpilotní letouny dělí na **vojenské** a **civilní**. Z hlediska klasifikace je však toto dělení značně nevhodné, protože nám nic neříká o velikosti, konstrukci a ostatních parametrech letounu. Proto jsou v této práci uvedena i rozdělení podle dalších kritérií (vybraná kritéria viz níže), kterými mohou být například: hmotnost, doba letu, dolet, rychlost, výkon, zatížení křídla, provozní náklady, maximální letová výška, funkce, způsob vzletu atd.

Existuje velké množství parametrů, podle nichž můžeme tyto letouny dělit a vybrat letoun, který nejlépe splní zadané požadavky. Hranice mezi kategoriemi často nejsou jasně a přesně dané a tudíž mohou některé letouny spadat do více kategorií zároveň. Dle použitých zdrojů můžeme bezpilotní letouny dělit:

- 1.) podle hlavních výkonnostních charakteristik
- 2.) podle ÚCL Doplnku X – bezpilotní systémy
- 3.) podle funkčních kategorií
- 4.) podle systému UVS International

1.) Dělení podle hlavních výkonnostních charakteristik:

- Hmotnost
- Výdrž a dolet
- Maximální výška letu
- Rychlost

Zdroj [2, 7]

Tab. 1: Rozdělení podle hmotnosti

Rozdělení podle hmotnosti		
Kategorie	Hmotnostní rozsah	Příklad
Micro	< 5kg	Dragon Eye
Light	5 - 50 kg	RPO Midget
Medium	50 - 200 kg	Raven
Heavy	200 – 2000 kg	A- 160
Super heavy	> 2000 kg	Global Hawk

Tab. 2: Rozdělení podle výdrže a doletu

Rozdělení podle výdrže a doletu			
Kategorie	Výdrž	Dolet	Příklad
Low	< 5 h	< 100 km	Pointer
Medium	5 – 24 h	100 – 400 km	Silver Fox
High	> 24 h	> 1500 km	Predator B

Tab. 3: Rozdělení podle maximální výšky letu

Rozdělení podle maximální výšky letu		
Kategorie	Rozsah výšky letu	Příklad
Low	< 1000 m	Pointer
Medium	1000 – 10 000 m	Finder
High	> 10 000 m	Dakrstar

Tab. 4: Rozdělení podle rychlosti letu

Rozdělení podle rychlosti letu	
Kategorie	Maximální rychlost
Subsonické UAV	MACH < 1,0
Transsonické UAV	MACH = 1,0
Supersonické UAV	MACH > 1,0
Hypersonické UAV	MACH > 5,0

2.) Dělení podle Doplnku X – Bepilotní systémy:

Tímto doplňkem, vydaným ÚCL, jsou regulovány bezpilotní systémy a jejich provoz ve vzdušném prostoru ČR. Cílem tohoto doplňku je unifikace pravidel provozu ve vzdušném prostoru ČR, zvýšení bezpečnosti ostatních účastníků letového provozu a ochrana osob a majetku.

- Podle maximální vzletové hmotnosti dělíme podle Doplnku X bezpilotní systémy na:
 - o Bepilotní prostředky do 7 kg
 - o Bepilotní prostředky od 7 do 20 kg
 - o Bepilotní prostředky nad 20 kg
- Podle druhu provozu dělíme podle Doplnku X bezpilotní systémy na:
 - o V dohledu pilota
 - o Mimo dohled pilota
- Podle způsobu využití dělíme podle Doplnku X bezpilotní systémy na:
 - o Letecká činnost
 - o Letecká práce pro vlastní potřebu
 - o Experimentální a výzkumné účely
 - o Sportovní účely
 - o Rekreační účely

Zdroj [8]

4.) Dělení podle funkčních kategorií:

- Cíle a návnady – určeny k vojenskému výcviku, představují pozemní a vzdušné cíle simulující nepřátelské střely či letadla
- Průzkumné – jejich cílem je získat informace o bojišti bez rizika objevení či ztrát lidských průzkumníků
- Bojové – používají se k útokům v těžko dostupných oblastech nebo rizikových oblastech
- Logistické – speciálně určeny pro plnění logistických úkolů
- Výzkumné – jsou využívány k vývoji dalších technologií v této oblasti
- Civilní a komerční – navrženy pro civilní nebo komerční účely
- Multifunkční – dokáží zastat více než jednu z výše uvedených funkcí, dnes začínají převažovat.

Zdroj [2]

6.) Dělení podle UVS (Unmanned Vehicle Systems) International:

Dělení podle mezinárodní asociace pro bezpilotní letouny (viz Tab. 4), zahrnuje jak vojenské tak civilní systémy.

Tab. 4: Rozdělení podle UVS International

Zkratka	Název kategorie	Váha [kg]	Dolet [km]	Výška letu [m]	Výdrž [hod]
μ	Micro	< 5	< 10	250	1
Mini	Mini	< 25/30/150	< 10	150/250/300	< 2
CR	Close Range	25 - 150	10- 30	3000	2 - 4
SR	Short Range	50 - 250	30 -70	3000	3 - 6
MR	Medium Range	150 - 500	70 - 200	5000	6 - 10
MRE	Multi Role Endurance	500 - 1500	> 500	8000	10 - 18
LADP	Low Alt. Deep Penetration	250 - 2500	> 250	50 - 9000	0,5 - 1
LALE	Low Alt. Long Endurance	15 - 25	> 500	3000	> 24
MALE	Med. Alt. Long Endur.	1000 - 1500	> 500	5 - 8 000	24 - 48
HALE	High Alt. Long Endur.	2500 - 5000	> 2000	20000	24 - 48
Strato	Stratospheric	> 2500	> 2000	> 20 000	> 48
EXO	Exo/Stratospheric			> 30 500	
UCAV	Unmanned esign AV	> 1000	±1500	12000	±2
LET	Lethal		300	4000	3 - 4
DEC	Decoys	150 - 500	0 - 500	50 - 5000	< 4

Zdroj [15]

2. Miniaturní bezpilotní prostředky

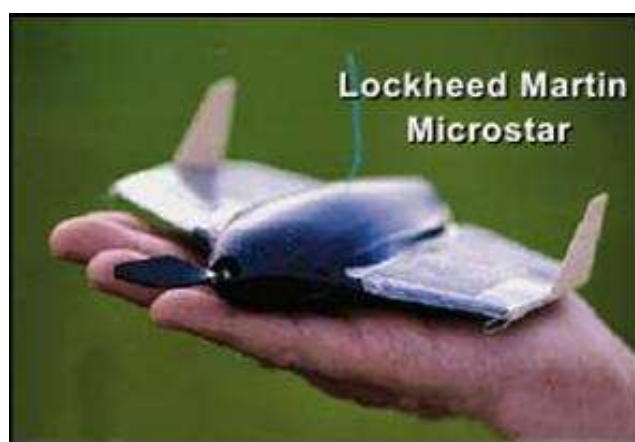
Tato část práce je zaměřena na výčet jednotlivých zástupců bezpilotních prostředků kategorií Micro a Mini, které mají podobné operační využití. Dále jsou uvedeny možnosti jejich použití v různorodých misích. Na závěr budou uvedeny některé zajímavé problémy z této oblasti.

2.1 Zástupci

2.1.1 BAE Systems MicroSTAR

Tab. 5: Základní technické parametry:

Rozpětí [mm]	152
Váha (max. vzletová)[g]	142
Rychlost [km/h]	55
Operační výška [m]	15-91
Letová výdrž [min]	20
Operační rádius [km]	5



Obr 7: BAE Systems MicroSTAR

Miniaturní bezpilotní prostředek MicroSTAR byl vyvíjen jako součást programu na vývoj MAV pod záštitou organizace DARPA. Program na vývoj tohoto MAV měl 4 fáze. V první fázi, která trvala přibližně 6 měsíců, bylo cílem stanovit základní požadavky na vyvíjené MAV, včetně prvotního návrhu tohoto bezpilotního prostředku a jeho systémového vybavení. Následovaly fáze, během nichž docházelo k stavbám prototypů a jejich postupnému vylepšování po stránce vlastního bezpilotního prostředku i jeho elektronického vybavení. Do roku 1999 byly první prototypy schopné dokončit větší množství kontrolních letů, které úspěšně prověřily veškeré systémy.

O pohon MicroSTAR se stará 10 W elektromotor poháněný lithiovými bateriemi. Tělo tohoto MAV má tvar useknutého delta křídla. Křídlo je vyrobeno z odlité uhlíko-epoxidové pěny se sendvičovou strukturou, tělo je vyrobeno z uhlíkových a Kevlarových vláken. Nejprve byl MicroSTAR vybaven denní digitální TV kamerou s real-time datovým přenosem. Při vývoji byl však brán zřetel na případné budoucí modernizace systémového vybavení, a proto bylo toto vybavení navrženo jako modulární. V případě modernizace některé z komponent (řízení letu, navigace, baterie, rádio ...) může být nahrazen pouze tento modul a není nutné měnit celé elektronické vybavení MAV. Dále je možné do tohoto MAV instalovat IR kamerové systémy pro noční snímání či biologické nebo chemické detektory nebezpečných látek. MicroSTAR je plně autonomní létající prostředek ovládaný pomocí nahraného letového plánu, který vytvoří operátor pomocí ovládacího panelu s dotykovou obrazovkou, na které vytvoří kontrolní body letového plánu. Tento letový plán je definován GPS souřadnicemi jednotlivých letových bodů. Po

vypuštění MicroSTAR již samostatně plní předprogramovaný letový plán. Záběry kamerových a senzorových systémů jsou v reálném čase přenášeny na obrazovku ovládacího panelu nebo mohou být ukládány na paměťové médium.

Zdroj [1]

2.1.2 AeroVironment “Black Widow“, “WASP“ flying wing

Tab. 6: Základní technické parametry Black Widow:

Rozpětí [mm]	152
Váha (max. vzletová)[g]	85
Rychlost [km/h]	-
Operační výška [m]	< 243
Letová výdrž [min]	30
Operační rádius [km]	1,8



Obr 8: AeroVironment Black Widow

Black Widow byl prvním operujícím MAV systémem. Toto MAV bylo poháněno malým elektromotorem a lithiovými bateriemi. Na tomto MAV byl instalovaný obrazový čip, který zaznamenával barevné video v rozlišení 510x492 pixelů. Mezi největší nevýhody tohoto prostředku patřila absence autonomního systému řízení. Toto MAV tedy muselo být řízeno operátorem jako běžné RC modely.

Zdroj [6,10]

Dále vznikly ve firmě AeroVironment modely WASP (varianty 1-3) jakožto nástupci typu Black Widow.

Tab. 7: Základní technické parametry MAV řady WASP:

Model	Wasp Block I	Wasp Block II	Wasp Block III
Rozpětí [mm]	330	410	720
Váha (max. vzletová)[g]	170	275	430
Rychlost [km/h]	37-65	40-60	40-65
Operační výška [m]	305	305	15-305
Letová výdrž [min]	40-70	40-60	45
Operační rádius [km]	2	4	5

Pokračující vývoj ve společnosti AeroVironment přinesl nástupce staršího typu MAV Black Widow. Tímto nástupcem se stal model WASP. Tento malý bezpilotní

prostředek byl vyvíjen stejně jako jeho předchůdce pod záštitou vývojového programu americké agentury DARPA. Toto MAV má tvar samokřídla s lichoběžníkovým půdorysem. Jednotlivé varianty (Block I- III) se liší především velikostí a tudíž i nosností. Tělo tohoto MAV je navíc konstruováno jako vodotěsné. Navržené řešení umožňuje použití tohoto MAV na moři. V současné době je WASP vybaven 2 barevnými videokamerami, jednou směřovanou dopředu a druhou na bok, s přenosem obrazu v reálném čase. Přestože původně byl WASP navržen jako manuálně řízený bezpilotní prostředek vyžadující neustálé řízení letu operátorem, současné verze jsou již vybaveny autonomním systémem řízení pracujícím s pomocí informací z GPS systému a zadaných letových plánů. I přesto mohou být bezpilotní prostředky WASP ovládány na dálku pomocí systému, který využívají i jiná UAV od AeroVironment jako například FQM-151 Pointer a RQ-11 Raven.



Obr. 9 WASP Block I



Obr 10: WASP Block II



Obr 11: WASP Block III

Varianta Block III byla vyvíjena pro US Air Force v rámci programu BATMAV (Battlefield Air Targeting Micro Air Vehicle). Požadavkem tohoto programu bylo vytvořit MAV, které by umožnilo pozemnímu operátorovi provádět výzvědnou činnost a získávat potřebné obrazové materiály, aniž by operátor musel oblast přímo pozorovat. Dále mělo být MAV schopné získané informace předat útočnému letounu a po provedení útoku zůstat na dohled cíle pro poskytnutí informací o způsobených škodách. Po závěrečných zkouškách bylo v prosinci 2006 rozhodnuto, že WASP Block III splňuje zadané požadavky a od poloviny roku 2007 začal být dodáván k operačnímu nasazení.

Varianta Block III se od předchozích variant liší především tvarem trupu, rozšířeným křídlem, plovoucí svislou ocasní plochou a tvarem střední trupové části ve které je uloženo funkční vybavení. Na rozdíl od Block I a II je Block III vybaven i IR kamerou pro noční pozorování.

Zdroj [1,6,11]

2.1.3 Raytheon “SilentEyes“

Tab. 8: Základní technické parametry SilentEyes:

Rozpětí [cm]	70
Váha (max. vzletová)[kg]	3
Rychlost [km/h]	148-185



Obr 12: Raytheon Silent Eyes

Vývoj MAV SilentEyes začal jako modifikace dřívějšího UAV společnosti Raytheon “Microglider“. Jak již název napovídá, šlo o bezmotorový bezpilotní prostředek. Od dubna roku 1999 do ledna roku 2000 probíhal vývoj a testování, jehož cílem bylo prověřit koncepci bezmotorového UAV, hlavně praktické provedení výsadku UAV z jiného letounu, a úspěšně provést přenos videozáběrů sledované oblasti v reálném čase. Přes úspěchy v testování došlo v roce 2002 ke změně designu tohoto UAV. Šlo především o radikální zmenšení rozměrů a snížení výrobních nákladů. Cílem této změny bylo vytvořit malý, jednorázový, levný bezpilotní prostředek, který by mohl být instalován do větších UAV, například Predator, a který by mohl po vypuštění z tohoto “mateřského“ UAV provádět přímou podporu ve formě sběru informací, přesnějšímu navádění na cíl nebo dokonce i přímému útoku. Sběrem informací byla myšlena především přesná identifikace a potvrzení cílů, pátrání po případných objektech, které by neměly být zasaženy, a vyhodnocení následků útoku. Vzhledem k požadovaným úkolům, které by toto MAV mělo plnit, může být vybaveno řadou různých kamer, systémů pro noční vidění, IR kamerových systémů, laserových systémů pro navádění bomb, řadou různých senzorů a dokonce i bojovými hlavicemi, určenými k přímému útoku. Řízení je zajišťováno programovatelným řídicím systémem, který je doplněn o GPS. UHF datové spojení zajišťuje přenos potřebných informací. Typicky může toto MAV být vypuštěno ve výšce 18 000 stop (5 480 metrů) a následně klouzavým letem klesat rychlostí 1000 stop za minutu po dobu 18 minut. Alternativně může být vypuštěno ve výšce 60 000 stop (18 280 metrů). V tomto případě je MAV schopné klouzavým letem doletět teoreticky až do 167 km.

Zdroj [1,6]

2.1.4 Stanford “Mesicopter”



Obr. 13 Stanford Mesicopter (ukázka rozměrů)



Obr 14: Stanford Mesicopter-rotor

MAV Mesicopter vyvíjený na Stanfordské univerzitě není typickým MAV, protože vzhledem k velikosti obsahuje pouze tělo, motory, rotory a baterie. Průměr rotorů tohoto MAV byl přibližně 1,5 cm a celkové rozměry nepřesáhly 5 cm. Cílem vývoje byl především výzkum aerodynamiky miniaturních rotorů a technologické postupy výroby komponent pro takto malé létající prostředky. Byly vyrobeny 2 verze prototypů. První byl 4 motorový koncept s průměrem rotorů 1,5 cm, poháněný externím zdrojem elektrické energie. Každý ze 4 miniaturních motorů byl schopen vytvořit vztlak přes 700 mg. Vzhledem k celkové hmotnosti soustavy motor- rotor 325 mg byl přebytek vztlaku dostatečný na to, aby MAV bylo schopné letu i s dokončeným tělem a vloženými bateriemi. Druhá verze tohoto MAV má již instalované baterie a není závislá na externím zdroji elektrické energie.

Druhou oblastí výzkumu na tomto projektu byla metodologie výroby plně 3D tvarovaných rotorových listů, jejichž požadovaná tloušťka byla přibližně 100 mikronů a drsnost povrchu nepřesahovala 1 mikron.

Zdroj [3,6]

2.1.5 EADS DS Do-MAV

Tab. 9: Základní technické parametry EADS DS Do-MAV:

Rozpětí [mm]	420
Váha (max. vzletová)[g]	500
Operační výška [m]	< 243
Letová výdrž [min]	30
Operační rádius [km]	1,5

Vývoj tohoto německého MAV započal v roce 1998 jakožto pokračování vývoje staršího modelu Midas MAV. V roce 2003 byl EADS DS Do-MAV představen veřejnosti na leteckém dni v Paříži. V té době bylo předpokládáno, že do konce roku 2003 začne prvotní nízko-sériová produkce těchto MAV. Toto MAV bylo navrženo pro průzkumné účely v prostředí městských bojišť. Tělo je navrženo z pěnových kompozitů a má tvar useknutého delta-křídla s kormidly typu elevon a svislou ocasní plochou. Tento létající prostředek je poháněn elektromotorem, který je zásoben energií z baterií. Křídla jsou

odmونتovatelná, čímž je zajištěna větší skladnost během přepravy. EADS DS Do-MAV je vybaven barevnou TV kamerou pro použití za denního světla a monochromatickou kamerou pro použití za zhoršených světelných podmínek a v noci. Přenos informací z kamer a i GPS modulu je zajištěn pomocí datového spoje. Toto MAV je řízeno přenosným kompaktním pozemním kontrolním zařízením, které může být vybaveno přílbou s displejí. Pomocí popsaných kontrolních zařízení může být toto MAV pilotováno manuálně použitím joysticku nebo může být vybaveno autopilotem s GPS navigací pro autonomní činnost. Ve složeném stavu může být EADS DS Do-MAV přenášeno v obalu velikosti běžného příručního kufru. Dle zdroje není budoucnost tohoto MAV jistá.

Zdroj [1]

2.1.6 Diehl SensoCopter

Tab. 10: Základní technické parametry Diehl SensoCopter:

Rozpětí [mm]	912,5
Váha (max. vzletová)[g]	900
Rychlost [km/h]	-
Operační výška [m]	max 460
Letová výdrž [min]	20
Operační rádius [km]	0,5



Obr 15: Diehl SensoCopter

Cílem vývoje tohoto MAV bylo vytvořit prostředek s malým operačním dosahem pro pozorování, přenos dat, dálkové snímání, průzkum a vojenské operace v městském prostředí. Tělo SensoCopteru je složeno z centrálního polokulového modulu z uhlíkových vláken, ve kterém se ukrývá pohonná jednotka, avionika a použité senzorické vybavení. Radiálně z tohoto centrálního modulu vystupují 4 ramena, na jejichž koncích jsou umístěny 2-listé rotory. O pohon tohoto MAV se stará bezkartáčekový elektromotor poháněný čtyřmi 14,8 V 2300 mAh lithium-polymerovými bateriemi. SensoCopterm může být vybaven celou řadou senzorů (teplota, vlhkost, přítomnost nebezpečných látek) a kamer (barevné denní snímání, IR noční snímání). Řízení je zajištěno dálkovým ovládáním pomocí řídicího laptopu nebo pomocí systému autonomního řízení, který se může skládat z GPS, akcelerometrů a miniaturních mechanických gyroskopů.

SensoCopter je v současné době v prodeji jak pro vojenské užití tak pro civilní účely. Jedním z uživatelů je policie z města Merseyside ve Velké Británii.

Zdroj [1]

2.1.7 IAI Mosquito

Tab. 11: Základní technické parametry IAI Mosquito:

Rozpětí [mm]	300 340
Váha (max. vzletová)[g]	250 500
Operační výška [m]	90
Letová výdrž [min]	40 60
Operační rádius [km]	1



Obr 16: IAI Mosquito

Vývoj tohoto izraelského MAV začal v roce 2001 a první prototyp první verze Mosquito 1 poprvé vzlétl dne 1. 1. 2003. Pozdější vývoj vedl k těžší verzi Mosquito 1.5. Obě verze jsou konstruovány jako samokřídlo se zakřivenou náběžnou a odtokovou hranou. Ovládací prvky jsou konstruovány jako kombinace elevonů a drobných SOP na koncích samokřídla. Pohon je zajištěn pomocí elektromotoru, který pohání dvojlistou vrtuli. Jednotlivé verze se liší velikostí, hmotností a letovou výdrží (viz tab 11 první hodnoty platí pro Mosquito 1, druhé pro verzi 1.5). Mosquito je vybaveno videokamerou s přenosem obrazu v reálném čase. Verze Mosquito 1 je řízena dálkově pomocí řídicího systému. Verze Mosquito 1.5 je již plně autonomní díky tomu, že je vybavena autopilotem fungujícím na principu předprogramované trasy pomocí GPS souřadnic.

Zdroj [1]

2.1.8 Honeywell MAV

Tab. 13: Základní technické parametry Honeywell MAV:

Průměr [mm]	356
Výška [mm]	559
Váha (max. vzletová)[kg]	7,8
Operační výška [m]	0-150
Letová výdrž [min]	50
Operační rádius [km]	10



Obr 17: Honeywell MAV

Honeywell MAV představuje zástupce VTOL micro-UAV. Tento bezpilotní prostředek byl vybrán v roce 2006 jako vítěz soutěže americké armády “US Army’s

Future Combat System Class I“ (budoucí bojové systémy americké armády třída I) v kategorii micro-UAV pro jednotky na úrovni čtyř. Přestože zpočátku byl vyvíjen tento MAV s přibližně dvojnásobnými rozměry, od počátku roku 2005 byla ve vývoji udělena změna a dále se pokračovalo ve vývoji MAV s průměrem 356 mm. Partneři firmy Honeywell ve vývoji tohoto MAV byly společnosti AAI Corporation (vývoj draku letounu) Avid LLC (modelování a simulace) a Techsburg Inc (testování a analýza akustiky). Do konce roku 2005 bylo učiněno přes 200 zkušebních letů a v březnu roku 2006 byla provedena revize funkčnosti systémů. Poté následovalo již zmíněné vítězství v soutěži americké armády.

Tělo tohoto MAV má dutý sudovitý tvar. Uvnitř těla se nachází ventilátor. Manévrovací schopnosti jsou zajištěny pomocí kontrolních lopatek v proudě vzduchu za hlavním ventilátorem. Vyvinuty byly 2 varianty pohonu. T-MAV, kterou pohání dvouválcový spalovací motor o jmenovitém výkonu 3 kW pracující na letecké palivo, a varianta D-MAV, kterou pohání diesellový motor. Honeywell MAV je vybaveno jednou dopředu směřovanou kamerou a jednou dolů směřovanou kamerou. Každá z těchto kamer může být jak pro denní tak pro noční snímkování. Avionika a kamery jsou umístěny v modulárních výměnných schránkách po bocích ventilátorového tunelu (viz obr 20). Záznamy z kamer mohou být přenášeny přímo v reálném čase nebo může být vytvořen až 10 minutový záznam, který je uložen na paměťové médium přímo na palubě MAV. Dále může být toto MAV vybaveno modulárními systémy kompatibilními s mechanickým a elektronickým rozhraním letounu. Letoun je vybaven systémem pro předprogramované autonomní řízení s možností dynamických změn v letovém plánu. Celkově je toto MAV navrženo jako součást soustavy dvou letounů, dvou operátorů a jedné řídicí jednotky.

Zdroj [1]



Obr 18: Honeywell MAV- detail modulární schránky s kamerou

2.1.9 AeroVironment “FQM-151 Pointer“, “RQ-11 Raven“

Pointer a jeho nástupce Raven představují vývojovou dvojici miniaturních UAV vyvíjených pro americké ozbrojené složky.

Tab. 14: Základní technické parametry FQM-151 Pointer:

Rozpětí [m]	2,74
Délka [m]	1,83
Váha (max. vzletová)[kg]	4,35
Operační výška [m]	100-3800
Letová výdrž [h]	1,5-2
Operační rádius [km]	10



Obr 19: FQM-151 Pointer start z rukou operátora

Vývoj UAV Pointer začal už v roce 1986. Přestože v počátcích se jednalo o soukromý projekt s nejistými výsledky, již v roce 1988 byly poslány první 4 prototypy na testování na základnu USMC. Po úspěšných počátečních testech bylo objednáno dalších 6 kusů tohoto UAV, pro dodatečné testování. Po dokončení těchto testů začaly být dodávány tyto bezpilotní prostředky k operačnímu nasazení. Pointer je letoun klasické konstrukce s křídlem připevněným k trupu na vyvýšeném pylonu a ocasními plochami v T- konfiguraci. Letoun je rozmontovatelné 6-ti dílné konstrukce, která může být složena za méně než 5 minut. Pointer je poháněn 300 W elektromotorem, jemuž poskytují elektrickou energii Li/SO₂ nebo Ni/Cd baterie. Pro operační potřeby je pointer vybaven barevnou kamerou pro denní snímkování. Data zaznamenaná kamerou jsou přenášena na pozemní řídicí jednotku. Dále je možné jej vybavit IR kamerou pro noční použití a sadou různých senzorů (chemické, tepelné, tlakové ...) Pointer je ovládán dálkově pomocí pozemní řídicí jednotky (GCU). Pozdější varianty byly vybaveny i systémem pro autonomní řízení, který pracuje na principu zadaných úkolů a souřadnic GPS.

Pointer má za sebou dlouhou řadu operačních nasazení počínaje Válkou v Zálivu v letech 1990-91 (nasazen u 82. výsadkové divize US Army, 4. Expediční brigády americké námořní pěchoty a dalších.), přes nasazení v operacích Desert Storm a Desert Shield, válku v Bosně až po nasazení v bojích v Afghánistánu a Iráku.

Po zkušenostech z operačního nasazení byl spuštěn vývoj nástupce Pointeru, kterým se stal RQ-11 Raven.

Tab. 15: Základní technické parametry RQ-11 Raven:

Rozpětí [m]	1,37
Délka [m]	0,91
Váha (max. vzletová)[kg]	1,90
Operační výška [m]	100-150
Letová výdrž [h]	1,5
Operační rádius [km]	12



Obr 20: RQ-11 Raven

Konstrukce Ravenu je velmi podobná úspěšnému Pointeru. Rozdíly jsou především ve velikosti (viz Tab 14, Tab 15, Obr. 21 a Obr 23) a dále v konstrukci VOP, kde plovoucí klasická konstrukce VOP u Ravenu nahradila T-konfigurací použitou u Pointeru. Se zmenšením rozměrů klesly i výkony, především nosnost. I maximální výška, ve které je toto MAV schopno operovat, byla snížena. Stejně jako jeho předchůdce i Raven je vybaven kamerovými systémy. Na rozdíl od něj je však již vybaven systémem pro autonomní plnění misí, avšak byla zachována možnost řídit Raven manuálně pomocí dálkového ovládání. Od roku 2004 byl i tento MAV operačně nasazen u bojových jednotek americké armády, a to především na bojištích v Iráku a Afghánistánu. Za zmínku stojí i to, že UAV Raven je zařazen i do výzbroje Armády České republiky. Pointer a Raven prokázaly díky svému operačnímu nasazení užitečnost bezpilotních prostředků v bojových podmínkách.

Zdroj [1, 5, 11]



Obr 21: RQ-11 Raven startující z rukou operátora

2.1.10 Parrot ARDrone



Obr 22: Parrot ARDrone

ARDrone vyráběný firmou Parrot je jedním z mála zástupců MAV určených čistě k zábavným účelům. Původně byl ARDrone vyvinut jako doplněk k mobilnímu telefonu iPhone, ale dnes je již kompatibilní i s ostatními výrobky firmy Apple (iPad, iPod Touch), počítači s operačním systémem Linux a s mobilními telefony s operačním systémem Android.

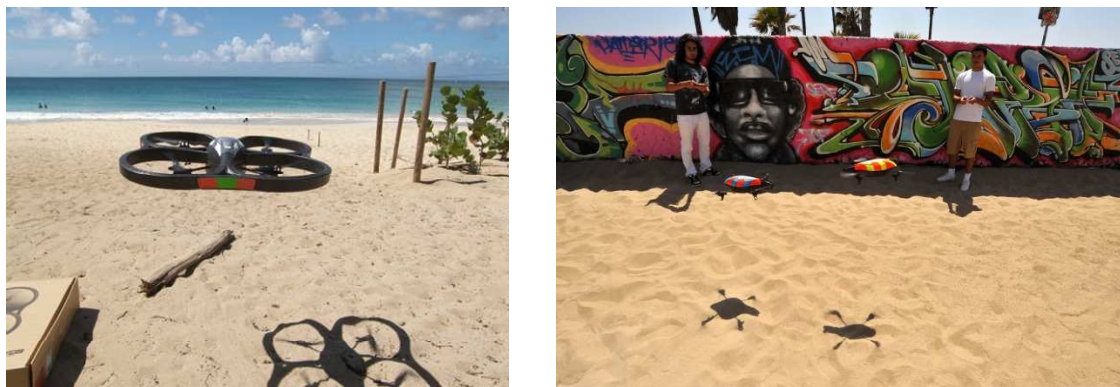
ARDrone je 4 rotorové konstrukce s centrální kapslí obsahující elektroniku a baterie. Z této centrální kapsle vystupují 4 ramena, na jejichž koncích jsou umístěny motory, které pohánějí dvojlisté rotory. V přední části je umístěna kamera s vysokým rozlišením sloužící jako zdroj obrazových informací pro člověka, který ARDrone ovládá. Potřebné letové informace zajišťují trojosý gyroskop (s přesností $2000^\circ/\text{sec}$), trojosý akcelerometr (s přesností $\pm 50 \text{ mg}$), trojosý magnetometr (s přesností 6°), ultrazvukový výškoměr a svisle orientovaná kamera pro měření rychlosti vzhledem k povrchu země. Avionika je pomocí pěnových tlumících elementů izolovaná od motorových vibrací. K základní verzi je přidáván i ochranný rám pro použití v interiéru (viz. Obr 23)



Obr 23: Parrot ARDrone- ochranný rám pro použití v interiérech

Obraz z hlavní kamery je přenášén do ovládacího zařízení, kde pilot pomocí tohoto obrazu a ostatních ovládacích prvků MAV řídí. Díky jednoduchosti ovládání a kompatibilitě s moderními mobilními telefony dává tento MAV každému možnost pořizovat zajímavé letecké záběry. Mezi vlastníky tohoto MAV již začaly být pořádány soutěže v umění pilotáže. Nicméně, hlavním lákadlem je skutečnost, že je ARDrone vybaven vlastní WiFi sítí a softwarem, díky němuž mohou 2 a více těchto MAV svádět vzdušné bitvy. Software jednoho ARDrone pomocí WiFi sítě komunikuje se zbývajícími účastníky bitvy a vyhodnocuje zásahy pomocí údajů získaných z kamery a dat z ostatních ARDrone účastníků se bitvy.

Zdroj [13,14]

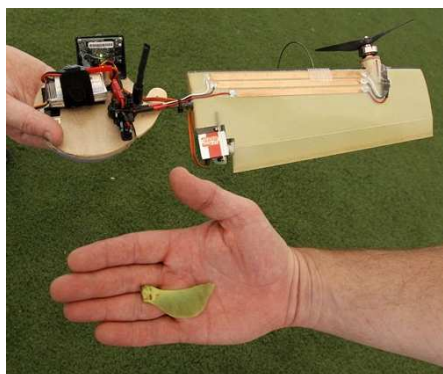


Obr 24: Parrot ARDrone-vlevo pohled zezadu na ARDrone, vpravo ukázka souboje 2 MAV

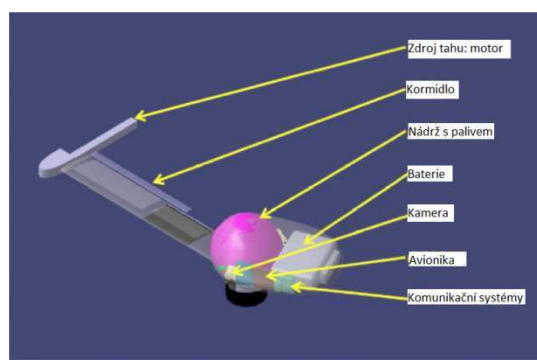


Obr 25: Parrot ARDrone-vlevo uživatelské rozhraní na ovládací konzoli, vpravo pohled na MAV v tentýž okamžik

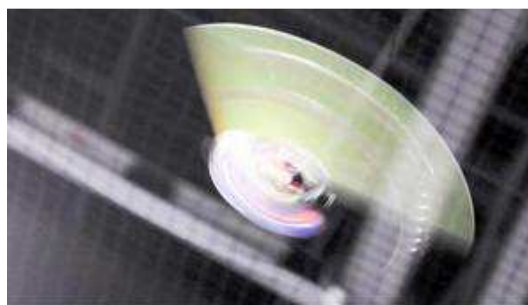
2.1.11 Lockheed Martin Samarai.



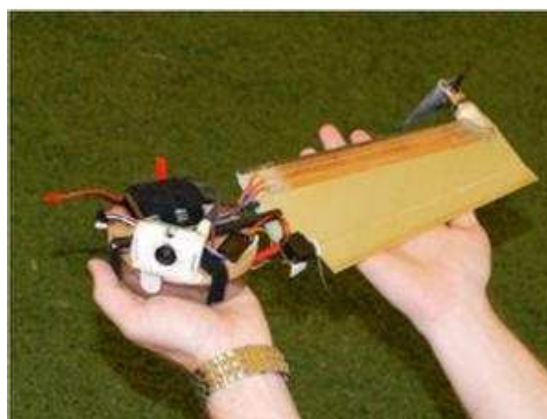
Obr 26: Lockheed Martin Samarai: porovnání letounu s vzorem koncepce tohoto letounu.



Obr 28: Lockheed Martin Samarai: jedna z prvních vývojových variant s popisky jednotlivých částí



Obr 27: Lockheed Martin Samarai: záběr na MAV během letu



Obr 29: Lockheed Martin Samarai: pohled na letoun

Vývoj tohoto MAV začal v roce 2009 na půdě Clark School of Engineering University of Maryland. Na počátku tohoto projektu byl nápad inspirovat se charakteristickým tvarem semen javoru. Tato semena mají tvar jednolistého rotoru. Tento tvar jim umožňuje klesat ze stromu specifickým krouživým způsobem, díky němuž tato semena nespadnou přímo dolů pod strom, nýbrž jsou odnášena za pomoci větru do větší vzdálenosti. Vývoj pokračoval ve firmě Lockheed Martin v rámci programu “Nano Air Vehicle“ zaštiťovaného organizací DARPA. V roce 2011 byl představen jeden z prvních prototypů tohoto MAV.

Tělo tohoto MAV se skládá z centrální části, v níž je uložena avionika, kamerové systémy a baterie. Na centrální část je napojeno jedno křídlo, na jehož konci je umístěn motor. Po zapnutí motoru začne toto křídlo obíhat okolo centrální části, v níž se nachází těžiště celého letounu, a tím je umožněn let tohoto MAV. Představený prototyp má hmotnost přibližně 227 gramů a nejdelší rozměr 40,6 cm. Pro správné fungování této koncepce jsou potřebné pokročilé ovládací algoritmy, umožňující správné manévrování. I rychlost snímkování kamery musí být sladěna s otáčivým pohybem, díky němuž je toto MAV schopno letu. Podle aktuálních zdrojů není zatím toto MAV vybaveno systémem autonomního řízení letu. Přestože je představený prototyp malý, cílem dalšího vývoje je zmenšit MAV této koncepce až na velikost v řádech jednotek centimetru.

Zdroj [21, 22]

2.1.12 AeroVironment SkyTote mini-UAV

Tab. 12: Základní technické parametry AV SkyTote:

Rozpětí [m]	2,4
Délka [m]	2,3
Váha (max. vzletová)[kg]	113
Operační výška [m]	3050
Letová výdrž [min]	80
Operační rádius [km]	375



Obr 30: AV SkyTote

SkyTote je mini UAV. Jedná se o konvertoplán, letoun schopný vertikálního vzletu a přistání (VTOL). Původním cílem vývoje bylo vytvořit UAV splňující požadavky US Air Force Special Operations Command na letoun schopný plnit mise typu: přesné dodávky a doplnění zásob jednotek zvláštního určení, střežení přístavů a základen a doprava neletálních zbraní. Letoun je osazen lichoběžníkovými křídly. Pohon je zajištěn rotačním spalovacím motorem o výkonu 38,8 kW. Tento výkon je přenášen na dvojici protiběžných dvojlistých vrtulí. Nákladem, pro který je toto mini-UAV navrženo, mohou být: zbraně, munice, baterie a komunikační vybavení, jídlo a léky, výbava pro přežití a jiné. Letoun je vybaven systémem plně autonomního řízení, který je schopen provádět tyto operace autonomně: vzlet, vznášení se, přistání, přechod mezi vertikální a horizontální polohou a klasický let.

Zdroj [1]



Obr 31: AV SkyTote

2.1.13 Stručný přehled dalších zástupců

Mezi MAV patří také kategorie OAV (Organic Air Vehicle). Tyto MAV vznikly jako jedna z vývojových větví vývoje MAV pod záštitou organizace DARPA. Následující tabulka uvádí několik příkladů vyvíjených prototypů (viz Tab16). Za povšimnutí stojí především stoupající letová výdrž.

Tab. 16: prototypy OAV: CIT AeroVironment and UCLA“MicroBat“

Microbat Prototyp				
Velikost	152,4 mm	152,4 mm	203,2 mm	203,2 mm
Váha [g]	7,5	11,5	11,7	11,5
Zdroj energie	kondenzátory	Ni-Cd baterie	Ni-Cd baterie	PLiON baterie
Pohon	Třepotání křídel	Třepotání křídel	Třepotání křídel	Třepotání křídel
Typ letu	Volný	Volný	Rádiem řízený	Rádiem řízený
Datum vzletu	Říjen 1998	Duben 1999	Prosinec 2000	Listopad 2001
Letová výdrž	9 sekund	18 sekund	42 sekund	6 minut a 17 sekund

Dalšími MAV jsou miniaturní helikoptéry jako například "Micro Flying Robot FR-I" (viz. Obr: 32).



Obr 32: 2 obrázky Micro Flying Robot FR-I"

Zdroj [9,19,20]

2.2 Mise

Bezpilotní prostředky mají široké spektrum využití. Patrně největší využití tyto letouny mají při průzkumu a sledování určené oblasti. Pro tyto účely bývají v letounech instalovány výkonné kamerové systémy a to i systémy pro noční vidění či termovizní kamery. Hlavní výhodou, obzvláště bezpilotních prostředků kategorií Mini a Micro, jsou nízká pořizovací cena, relativně nižší provozní náklady (v porovnání s velkými průzkumnými letouny) a v případě vojenského užití i větší bezpečnost posádky, vyšší pravděpodobnost že v průběhu průzkumné akce nedojde k jejímu prozrazení (viz Obr 33) a možnost snadného používání v polních podmínkách.



Obr 33: Průzkum potenciálně nebezpečné oblasti

Je bezesporu jednodušší a bezpečnější poslat na průzkum nepřátelského území malý bezpilotní letoun, který může být jeho operátorem-průzkumníkem přenesen na zádech (viz Obr 34), než do dané oblasti posílat velké průzkumné letouny s vojáky na palubě či pozemní průzkumné jednotky.



Obr 34: Honeywell MAV v Přenosném obalu

Další velkou výhodou, které je využíváno například při ostraze objektů, je variabilnost v umístění bezpečnostních kamer. To znamená, že na rozdíl od klasických bezpečnostních kamer nejsou kamery v letounu pevně umístěné na jednom místě, ale mohou se pohybovat. Toho je možné využít například při vojenských (policejních) akcích, kdy několik letounů s kamerami může sloužit jako pozorovatelé, díky nimž bude mít koordinátor celé akce mnohem lepší přehled o aktuální situaci. Dále je možné pohyblivosti UAV systémů využít při akcích typu policejní pronásledování, kde je nejen z hlediska nákladů výhodnější použít jeden či více těchto letounů než použít klasický policejní vrtulník. UAV má v tomto případě nižší pořizovací cenu i provozní náklady a to i ve větším počtu letounů a je lépe ovladatelné, zvláště pak v hustě obydlených městských oblastech. Vyšší počet letounů navíc zajišťuje menší pravděpodobnost, že se sledovaný objekt ztratí (Obr. 35)



Obr. 35 Porovnání velikostí vrtulník- UAV

Sledovacích schopností je možné využít například při pátrání v oblastech postižených přírodní katastrofou, na horách, v rozlehlých oblastech či všeobecně v obtížně přístupném terénu. Není podstatné, zda se jedná o pátrání po ztracených turistech, preventivní protipožární hlídku nebo o pátrání po případných náznacích trestné činnosti (např. pole na kterých se pěstují rostliny využitelné k produkci drog). Mimo jiné mohou být sledovací schopnosti bezpilotních prostředků využity ze sledování divokých zvířat například k monitorování pohybu velkých stád. Toto může být užitečné například v rybolovu k hledání a sledování velkých rybích hejn. V neposlední řadě je také možné využít sledovacích schopností UAV systémů k monitorování mořského znečištění. Do této kategorie také spadá využití malých bezpilotních prostředků k leteckému snímkování.

S předchozím způsobem využití souvisí i použití bezpilotních prostředků jako mapovacích zařízení, s nimiž se dnes již dá relativně přesně zmapovat nějaký předem určený prostor

Dalším možným využitím by mohl být například dohled nad dopravní situací na dálnicích či ve městech, kontrola elektrické rozvodné sítě, ropovodů, parovodů a podobně. Zde by měly bezpilotní prostředky na rozdíl od klasických bezpečnostních kamer opět výhodu ve své pohyblivosti, obratnosti a možnosti obsáhnout prakticky celé vedení s mnohem menšími náklady. Jedinou nevýhodou by bylo, že UAV systémy nemohou být ve vzduchu neustále, ale musí občas přistát.

Miniaturní bezpilotní prostředky vybavené specifickými měřicími přístroji mohou také kontrolovat například radioaktivitu v okolí jaderných elektráren, úroveň zplodin ve velkých industriálních zónách a v případě překročení povolených limitů mohou operátoři

vyvodit případná opatření.

Další zajímavou kapitolou je využití k zábavným účelům. Jako příklad tohoto využití výborně slouží ARDrone, o němž již byla řeč výše.

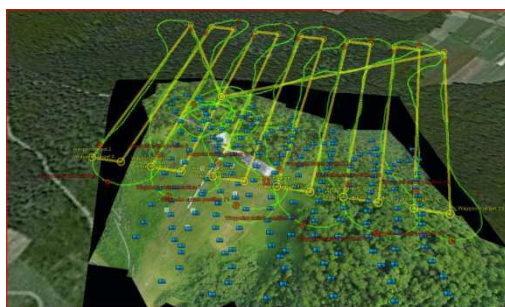
Zdroje [16, 17]



Obr. 36 Kontrola dopravní situace



Obr 37: Letiště Heathrow: pohled z hlídkujícího MAV



Obr. 38 Vizualizace vyhledávací trasy



Obr 39: záběr z kamery nočního vidění na cíl UAV



Obr. 40 Honeywell RQ-16 používaný Floridskou policií



Obr 41: Diehl SensoCopter ve službách britské policie

2.3 Problematika miniaturních bezpilotních prostředků

Prvním zajímavým problémem týkajícím se bezpilotních prostředků je problém umělé inteligence. V současné době se objevují snahy o rozvoj v této oblasti. Konkrétně jde o snahy o vytvoření možnosti mít skupinu samostatně pracujících UAV. Takovéto skupině by stačilo zadat úkol a letouny by jej již splnily samostatně. Řekněme, že je potřeba prozkoumat relativně velkou oblast a je k dispozici více letounů. V dnešní době existují dvě možnosti. Buď je oblast prozkoumána jedním letounem, což by bylo s velkou pravděpodobností zdlouhavé, ale na druhé straně je k tomu potřeba jen jeden operátor. Druhou možností je využít všechny letouny, ale v tomto případě je potřeba více operátorů (pro každý letoun jednoho), kteří musí být dobře sešraní a musí mít každý svoji řídicí stanici. Pokud se toto podaří, je velká šance, že zadaný úkol bude splněn mnohonásobně rychleji. Nejvýhodnější by ale bylo, kdybychom měli jen jednoho operátora a jednu řídicí stanici, do které by tento operátor pouze zadal cíle mise, a o zbytek by se již letouny postaraly díky své umělé inteligenci samy. Samostatně by si naplánovaly trasy, na kterých by pátraly, samy by si rozdělovaly úkoly. V případě nutnosti návratu na základnu, např. v důsledku nedostatku paliva, by se navzájem doplňovaly. Tato možnost má nesporné výhody jako například to, že umělá inteligence je ze své podstaty mnohem rychlejší a přesnější. Na druhou stranu jí však chybí schopnost rozhodovat o prioritách, kreativita a podobně. Navíc umělá inteligence může mít problém rozlišit například přátelské a nepřátelské jednotky pouze na základě termovizních snímků. Proto je nutná přítomnost operátora, který získaná data vyhodnocuje.

Dalším problémem, který úzce souvisí s problematikou umělé inteligence, je otázka “3D vidění”. Jedním z cílů vývoje je naučit umělou inteligenci letounu vnímat prostor kolem sebe trojrozměrně. Pokud by se to podařilo čistě s použitím 2 kamer uložených v malé vzdálenosti od sebe, podobně jako v přírodě fungují oči zvířat (ptáků, lidí ...), nebylo by potřeba na tyto bezpilotní prostředky instalovat další přídavná zařízení, jako jsou například různé senzory fungující na principu radaru či sonaru. Tyto senzory dokáží pomoci umělé inteligenci orientovat se v prostoru, ale jelikož jsou to přídavná zařízení, znamenají zátěž navíc a tudíž i vyšší spotřebu energie, nižší provozní dobu, kratší dolet a menší akční rádius. Jelikož bezpilotní prostředky se s největší pravděpodobností neobejdou bez kamerových systémů, bude vždy potřeba mít vizuální kontrolu nad letounem, a proto by bylo vhodnějším řešením, kdyby byly na letounu nainstalovány 2 kamery, které by poskytovaly trojrozměrný obraz okolního prostředí. Důležité ale je, aby i umělá inteligence ovládající letoun byla schopna z informací přijímaných z kamer vytvořit trojrozměrný model prostředí, ve kterém se pohybuje. Neméně důležité je, aby se v tomto modelu dokázala orientovat, aby rozpoznala, kde jsou překážky, kam může letět a kam nikoliv a podobně. Tato skutečnost je velmi důležitá pro samostatnou činnost bezpilotních prostředků.

Zdroje [18]

3. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit přehled miniaturních bezpilotních prostředků, uvést technické parametry a obrazovou dokumentaci jednotlivých zmíněných typů. Vzhledem k velkému množství nejrozumnějších typů a modelů bylo vybráno pouze několik reprezentativních zástupců. Dále bylo vypracováno zhodnocení možností operačního nasazení těchto MAV a to jak v oblasti civilního použití, tak v oblasti vojenského nasazení. Byla uvedena také stručná ukázka zajímavých problémů z oblasti umělé inteligence a její aplikace na řízení bezpilotních prostředků.

Tématika miniaturních bezpilotních prostředků je velmi rozsáhlá a obzvláště oblast umělé inteligence určené k řízení těchto prostředků skýtá velké možnosti budoucího výzkumu a vývoje. V oblasti použití těchto prostředků je prostor pro rozvoj a zdokonalování současných a případný vývoj nových aplikací. Tato práce může posloužit jako stručný úvod pro případné hlubší studium miniaturních bezpilotních prostředků a jejich použití, stejně jako pro hlubší studium systémů umělé inteligence řízení těchto prostředků.

Seznam použitých zdrojů

Knižní zdroje

- [1] DALY, Mark. *Unmanned Aerial Vehicles and Targets*. UK: Jane, 2007. 708 s.
- [2] HAMAN, Tomáš. *Přehled bezpilotních letounů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010 56 s.

Online zdroje

- [3] The Mesicopter: A Meso-Scale Flight Vehicle, NIAC Phase I Final Report, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <<http://aero.stanford.edu/mesicopter/FinalReport.pdf>>
- [4] Wikipedia Unmanned aerial vehicle, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle>
- [5] Wikipedia: FQM-151 Pointer, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/FQM-151>>
- [6] Wikipedia- Miniature UAV [cit. 2012-05-09], Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Miniature_UAV>
- [7] ARJOMANDI, Maziar. THE UNIVERSITY OF ADELAIDE [online]. 2007 [cit. 2012-05-09] CALSSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES. Dostupné z WWW: <<http://personal.mecheng.adelaide.edu.au/~marjom01/Aeronautical%20Engineering%20Projects/2006/group9.pdf>>
- [8] *Doplňující informace ÚCL k návrhu Doplnku X leteckého předpisu L 2* [online]. Praha: ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ 2006 [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://www.volny.cz/pavel.macek/regulace/UCL_soubory/Doplnujici_informace.pdf>
- [9] PORNSIN-SIRIRAK, T.Nick, TAI, Yu-Chong, HO Chih-Ming, KEENNON, Matt. *Microbat: A Palm-Sized Electrically Powerd Ornithopter* [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://ho.seas.ucla.edu/wp-content/uploads/2011/04/jpl10_2001.pdf>
- [10] AeroVironment, UAS Advanced Development: Black Widow, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://www.avinc.com/uas/adc/black_widow/>
- [11] AeroVironment Wasp, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <<http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>>
- [12] Wikipedia: AeroVironment RQ-11 Raven, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/RQ-11_Raven>

- [13] Parrot ARDrone: Technical Specifications, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://ardrone2.parrot.com/ar-drone-2/specifications/>
- [14] Parrot ARDrone: [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://ardrone.parrot.com/parrot-ar-drone/en/>
- [15] UVS International: [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://www.uvs-international.org/>
- [16] Air & Space Europe Civilian, Applications the Challenges Facing the UAV Industry [online 22 June 2000] [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1290095800888735>
- [17] SARRIS, Zak. SURVEY OF UAV APPLICATIONS IN CIVIL MARKET, [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: http://med.ee.nd.edu/MED9/Papers/Aerial_vehicles/med01-164.pdf
- [18] Česká Televize, dokumentární pořad PORT, Bepilotní letouny [online 1.4.2011] [cit. 2012-05-09] Dostupné z WWW: <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/680-bezpilotni-letouny/video/>
- [19] MicroBat. [online] [cit 2012-05-16]. Dostupné z WWW: <http://touch.caltech.edu/research/bat/bat.htm>
- [20] Galerie: Unbemannte Flugmaschinen für Kampf & Überwachung [online] [cit 2012-05-16] Dostupné z WWW: <http://hp.kairaven.de/bigb/mav.html>
- [21] Lockheed Martin's Samarai monocopter - you won't believe how this thing flies [online] [cit 2012-05-] Dostupné z WWW: <http://www.gizmag.com/lockheed-martin-samarai-flyer-monocopter/19572/>
- [22] Lockheed Martin Unveils Samarai Flyer at Unmanned Vehicle Conference [online] [cit 2012-05-] Dostupné z WWW: <http://www.lockheedmartin.com/us/news/press-releases/2011/august/LockheedMartinUnveilsSama.html>

Zdroje obrázků

- [23]. Obr 1. http://api.ning.com/files/RWoR0E-Z6av1oiesc78GOXfyhlPErZQ7NgT1VKFDxVYj-OqXPtFfVFAaHYQrB5kx2HHi0zi7l4NIc7Hk1v2*470jzl*KPwiX/uavflyingwing04.jpg
- [24] Obr 2. <http://defense-update.com/wp-content/uploads/2011/09/D-STAMP.jpg>
- [25] Obr 3. http://www.rotomotion.com/images/sr100_camrot_800w.jpg

- [26] Obr 4 <http://www.epicos.com/epicos/extended/israel/IAIMalatDivision/imgs/image037.jpg>
- [27] Obr .5 http://www.auavt.com/public/img/img_7c8a7899bd.jpg,
<http://www.daedalusgroup.hk/img/kestrel2.jpg>
- [28] Obr .6 http://media.defenseindustrydaily.com/images/AIR_UAV_Orbiter_Launch_lg.jpg
- [29] Obr .7 http://people.bath.ac.uk/fm227/index_files/fxdwing.html
- [30] Obr 8 http://www.avinc.com/uas/adc/black_widow/
- [31]. Obr .9 <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>
- [32] Obr .10 <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>
- [33] Obr .11 <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/wasp.html>
- [34] Obr 12 <http://files.myopera.com/igun/blog/SilentEyes%20Micro%20UAV.jpegBESAR.jpeg>
- [35]. Obr .13 <http://adg.stanford.edu/mesicopter/imageArchive/>
- [36] Obr .14 <http://adg.stanford.edu/mesicopter/imageArchive/>
- [37] Obr .15 http://www.armedforces-int.com/upload/image_files/articles/images/companies/1139/diehl69.jpg
- [38] Obr 16 <http://www.flightglobal.com/assets/getasset.aspx?itemid=30647>
- [39] Obr 17 <http://gopaultech.com/files/2009/05/honeywell-rq-16-t-hawk-mav.jpg>
- [40] Obr 18 <http://www.flightglobal.com/assets/getasset.aspx?itemid=23505>
- [41] Obr 19 http://media.defenseindustrydaily.com/images/AIR_UAV_Pointer_Launch_lg.jpg
- [42] Obr 20 <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-11.html>
- [43] Obr 21 http://euro-police.noblogs.org/gallery/3874/rq-11_raven_1.jpg
- [44] Obr 22 <http://ardrone.parrot.com/album>
- [45] Obr 23 <http://ardrone.parrot.com/album>
- [46] Obr 24 <http://ardrone.parrot.com/album>
- [47] Obr 25 <http://www.youtube.com/watch?NR=1&feature=endscreen&v=Hpe-oX-Iy7w>
- [48] Obr .26 <http://blog.trentontechnology.com/wp-content/uploads/2011/08/Craig-Stoneking-with-Lockheed-Martin-Samurai-UAV.jpg>

- [49] Obr .27 http://www.google.cz/imgres?hl=cs&sa=X&biw=588&bih=631&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=pCDzX4qDcvyuAM:&imgrefurl=http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/164404-ani-bumerang-ani-semeno-javoru-ale-spionazni-letadlo-do-kapsy/&docid=NcELJbu3m_gfqM&imgurl=http://img6.ct24.cz/cache/616x347/article/33/3293/329238.jpg&w=616&h=347&ei=V2K3T9S3I8bTtAbX49iRCA&zoom=1
- [50] Obr 28 <http://www.gizmag.com/lockheed-martin-samarai-flyer-monocopter/19572/picture/140334/>
- [51] Obr 29 <http://www.popularmechanics.com/cm/popularmechanics/images/qY/Lockheed-Samarai-081811-md.jpg>
- [52] Obr .30 http://www.avinc.com/img/uas/524x275_SkyTote_bg.jpg
- [53] Obr .31 http://images.gizmag.com/gallery_lrg/5478_80406100635.jpg
- [54] Obr 32 <http://hp.kairaven.de/bigb/mav.html>
- [55] Obr 33 http://images.gizmag.com/hero/7447_18060781015_10.png
- [56] Obr 34 http://media.defenseindustrydaily.com/images/AIR_UAV_FCS-I_Honeywell_MAV_Backpack_lg.jpg
- [57] Obr 35 <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2010/02/100214-coppersdrone-02.jpg>
http://cencio4.files.wordpress.com/2011/07/ln-ocp_010.jpg
- [58] Obr 36 http://uav-aerial-photo.com/images_vierges/Route%20cg%2084%203.jpg
- [59] Obr 37 <http://www.barnardmicrosystems.com/Pictures/img1407.gif>
- [60] Obr 38 <http://www.trigger.pl/pteryx/Applications.php>
- [61] Obr 39 <http://www.darkgovernment.com/news/wp-content/uploads/2009/08/reaper-targeting.jpg>
- [62] Obr 40 <http://kenzein.com/wp-content/uploads/2011/01/policeanddrone.jpg>
- [63] Obr 41 <http://www.technovelgy.com/graphics/content10/air-surveillance-drone.jpg>

Seznam použitých zkratek

DARPA	-	The Defense Advanced Research Project Agency
DEC	-	Decoys
CR	-	Close Range
ČR	-	Česká republika
HALE	-	High Alt. Long Endurance
LADP	-	Low Alt. Deep Penetration
LALE	-	Low Alt. Long Endurance
LET	-	Lethal
MALE	-	Med. Alt. Long Endurance
MAV	-	Micro Aerial Vehicle
mini-UAV	-	miniature Unmanned Aerial Vehicle
MR	-	Medium Range
MRE	-	Multi Role Endurance
SR	-	Short Range
UAV	-	Unmanned Aerial Vehicle
UCAV	-	Unmanned Combat Air Vehicle
ÚCL	-	Úřad pro civilní letectví
USMC	-	United States Marine Corpse
UVS	-	Unmanned Vehicle Systems
VTOL	-	Vertical Také-Off Landing