



**Centro Militare di Studi Strategici**

**Rapporto di Ricerca 2011 - STEPI AE-T-01**

**MILITARY UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS**

**Sistemi aeromobili militari senza pilota**

**di Magg. GArn Luigi CARAVITA**

**data di chiusura della ricerca: Ottobre 2011**

*a Greta,*

## INDICE

# MILITARY UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

## Sistemi aeromobili militari senza pilota

### SOMMARIO

pag. 1

- PARTE ANALITICA

- [Capitolo 1](#) - U. S. Air Force UAS Flight Plan 2009-2047

pag. 10

- 1.1. “United States Air Force UAS Flight Plan 2009-2047”

- 1.2. La rivoluzione MQ-X

- 1.3. Il nuovo ruolo dell’essere umano

- 1.4. L’obiettivo (celato) del Flight Plan

- [Capitolo 2](#) - Una nuova forma del potere aereo

pag. 20

- 2.1. L’importanza della terminologia

- 2.2. Un’esperienza 4D

- 2.3. L’entusiasmo e la corsa agli UAS

- 2.4. I driver: l’emergenza di tecnologie emergenti

- 2.5. Gli orizzonti della tecnologia

- 2.6. L’autonomia

- 2.7. Swarming e “Loyal wingman”

- 2.8. Manned + Unmanned: l’integrazione.

**Capitolo 3** - Le sfide pag. 59

- 3.1. La sfida dell'integrazione
- 3.2. L'importanza dell'integrazione degli UAS civili per gli UAS militari
- 3.3. Il contributo dell'ICAO
- 3.4. La Dottrina
- 3.5. C4I: data link e bandwidth
- 3.6. Common Ground Control Station
- 3.7. Micro Aerial Vehicle, Open Source, iPhone e privacy
- 3.8. La Cyber warfare per gli UAS
- 3.9. Selezione, training, qualifica e carriere

**Capitolo 4** - Dronethics pag. 107

- 4.1. Fatti epocali
- 4.2. Dronethics
- 4.3. Combattente legittimo ed innocente
- 4.4. Una guerra accidentale
- 4.5. Una guerra senza rischi?
- 4.6. Manned + Unmanned da un punto di vista etico
- 4.7. Il fattore Playstation
- 4.8. Futuro è nostalgia

**Capitolo 5** - Considerazioni finali pag. 120

• PARTE SPECIALISTICA / DI SUPPORTO / BIBLIOGRAFICA

**Capitolo 6** - Definizioni, classi e tipologie di UAS pag. 122

**Capitolo 7** - Il piano di breve periodo: milestones pag. 131

**Capitolo 8** - La Convenzione di Chicago per gli UAS pag. 135

**Bibliografia / sitografia** pag. 140

**NOTA SUL Ce.Mi.S.S. e NOTA SULL' AUTORE** pag. 154

## SOMMARIO

### **MILITARY UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS**

#### **Sistemi aeromobili militari senza pilota**

La United States Air Force (USAF), con il documento programmatico *USAF Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047* (nel prosieguo Flight Plan) ha presentato il proprio piano quarantennale per lo sviluppo di una capacità complessiva per gli UAS, con le relative implicazioni in termini di dottrina, di organizzazione, addestramento, materiali, leadership, personale, infrastrutture e politiche.

Nel [Capitolo 1 “United States Air Force UAS Flight Plan”](#) viene illustrato proprio il Flight Plan, in quanto consente di individuare i caratteri e gli attributi degli UAS, di intuirne i panorami e le tendenze e di delinearne gli sviluppi futuri. Il Flight Plan, decisamente rivoluzionario nei contenuti, ruota intorno al MQ-X, una nuova generazione di UAS che trae origine dal progenitore di tutti gli UAS, il Predator MQ-1, basata su architetture aperte e modulari, interfacce standard, sistemi non proprietari, *footprint* limitati. In questa *vision* di lungo termine, cambia il ruolo dell'essere umano che potrebbe non essere più al centro del disegno, ma transiterebbe da quello di decisore ultimo, *in-the-loop*, a quello di mero supervisore, *on-the-loop*. Il Flight Plan è poi lasciato in filigrana per tutto il corso della ricerca: il panorama statunitense, per i numeri e per gli investimenti in gioco ha livelli di ambizione superiore, fa scuola per la ricerca scientifica e tecnologica, ed è tenuto costantemente a riferimento per l'esperienza operativa maturata in teatro e la leadership nello sviluppo.

Il [Capitolo 2 “Una nuova forma del potere aereo”](#) è il vero e proprio incipit della ricerca. Dovendo iniziare a parlare di UAS, si parte dalla definizione di *unmanned*, ma in maniera non tradizionale. Sebbene oggi di *unmanned* negli UAS ci sia solo il nome, sebbene il Predator sia sempre lo stesso sistema sia che lo si chiami UAV, o UAS, o aeromobile a pilotaggio remoto piuttosto che drone, si scopre come un solo termine può nascondere diverse accezioni e implicazioni: nelle tradizioni, nella cultura, nelle regole, nella

comunicazione mediatica. Vengono poi illustrate le peculiarità uniche che rendono possibile l'impiego degli UAS in missioni "Dull, Dirty, Dangerous e Deep", oltre i limiti fisici e cognitivi dell'uomo. La prevedibile evoluzione futura del potere aereo risiede nei numeri di questi sistemi, in forte ascesa rispetto ai tradizionali assetti manned nelle necessità militari di lungo periodo, ma anche in ragioni sociali, politiche, economiche che sono veri e propri *driver* per lo sviluppo di questi sistemi. La nuova forma del potere aereo si regge sull'equilibrio e sulle capacità di interoperabilità e di *teaming* tra assetti manned ed assetti unmanned, in cui questi ultimi tenderanno ad essere sempre più autonomi, ad avere una propria "volontà", a muoversi in sciame, ad essere sempre più inferenti nel processo di *OODA loop* - *Observe, Orient, Decide and Act* - tradizionalmente presidiato dall'uomo. Quanto durerà e come evolverà questo momento di equilibrio dipenderà dai progressi dell'intelligenza artificiale che determinerà quale sarà il ruolo da attribuire ai manned ed agli unmanned per garantirsi il successo di conflitti futuri.

Nel [Capitolo 3 "Le sfide"](#), oltre che dalla disponibilità e dalla maturità di determinate tecnologie, si comprende come la strada verso la *full autonomy* del MQ-X, si articoli tra sfide aperte e poco esplorate, in cui il ruolo dell'essere umano è ancora centrale: l'aggiornamento della dottrina, la definizione di nuovi standard e di regolamenti, la creazione di nuovi criteri di certificazione, l'adozione di nuovi processi di selezione, la modifica dell'addestramento del personale e delle carriere. Lo sviluppo degli UAS, anche quelli militari, passa per la loro integrazione nello spazio aereo civile che aprirà opportunità commerciali inesauribili, che favoriranno la concorrenza del mercato globale e daranno un *boost* alla tecnologia open source. Di contro, per sistemi *fly-by-wireless* come sono gli UAS, la minaccia cibernetica è una delle minacce più temibili per la sicurezza. La *cyber warfare*, la guerra cibernetica potrebbe essere una guerra ombra, la guerra più dura da vincere.

Il lavoro di ricerca si chiude con il [Capitolo 4 "Dronethics"](#), che non è l'etica dei droni di Asimov, ma di chi li produce, li impiega e li utilizza. Si parte dal valutare l'effettiva capacità che potrebbe avere un UAS completamente autonomo nel discriminare tra combattente legittimo ed innocente, a discutere della guerra accidentale che potrebbe essere causata da un errore di valutazione causato dagli automatismi di un UAS. L'impiego degli UAS nei teatri di Iraq ed Afghanistan è stato pressoché incontestato: è questa una guerra senza rischi? Il terrorismo, può essere considerato una forma di rivolta a quella che i media chiamano "la guerra dei droni"? E chi questa guerra la combatte a distanza, senza

nessuna commistione con la polvere del teatro, rischia davvero di essere affetto da quello che le Nazioni Unite chiamano “fattore Playstation”? I disaccordi su ciò che possa essere etico o no, derivano spesso da convinzioni diverse sulla natura umana e aspettative diverse su ciò che la tecnologia può raggiungere nel futuro. E’ dovere della comunità internazionale stabilire una nuova serie di convenzioni per disciplinare l'uso di queste tecnologie e governarle sotto l’egida del diritto umanitario.

Nel [Capitolo 5](#) vengono infine riportate brevemente alcune considerazioni finali alla ricerca.<sup>1</sup>

Il presente lavoro, consapevolmente, non si concentra sull’attuale panorama nazionale nel suo insieme (la Difesa, l’Industria, l’Accademia) né vuole esprimere giudizi di merito, trarre conclusioni o suggerire raccomandazioni. Piuttosto, partendo dal Flight Plan, riferendo in gran parte a pubblicazioni accademiche scientifiche, storiche e militari, e traendo spunto da accadimenti della più recente attualità – frequenti sono i riferimenti a eventi e documentazione del 2011 - la ricerca mira a tracciare un quadro descrittivo ampio e diversificato per gli UAS, che faccia emergere le intriganti sfide tecnologiche, che crei una panoramica delle tendenze globali e che possa alimentare dei tavoli di discussione anche intorno alle aree non tecnologiche in senso stretto, come le regole e l’etica.

---

<sup>1</sup> Nota dell’autore: A completamento della ricerca, nei capitoli 6, 7 e 8 vengono fornite informazioni di supporto utili, ma non indispensabili, per la comprensione della ricerca in un linguaggio più specialistico.

## Acronimi

AAR	Air to Air Refueling
ABSAA	Airborne Based Sense And Avoid
ACL	Autonomous Control Levels
ACO	Air Control Order
ACTD	Advanced Concept Technology Demonstrations
AFRL	United States Air Force Research Laboratory
AFSC	Air Force Specialty Codes
APR	Aeromobile a Pilotaggio Remoto
ASC	Aeronautical Systems Center
ATC	Air Traffic Controller
ATLC	Auto Take Off and Landing Capability
ATM	Air Traffic Management
ATO	Air Tasking Order
AUGCOG	Augmented Cognition
BAMS	Broad Area Maritime Surveillance
BLOS	Beyond Line of Sight
BVR	Beyond Visual Range
C <sup>2</sup>	Comando e Controllo
C4I	Command Control Communication Computer and Intelligence
CAP	Combat Air Patrol
CAS	Close Air Support
CBA	Capability Based Assessment
CBRN	Chemical Biological Radiological Nuclear
CDL	Common Data Link

Ce.Mi.S.S.	Centro Militare di Studi Strategici
COA	Certificate of Waiver or Authorization
COCOM	Combatant Commander
COMC2	Common Open Mission Management Command and Control
CONEMP	Concept of Employment
CSAR	Combat Search And Rescue
CUCS	Core UAV Control System
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DoD	Department of Defence
DOTMLPF-P	Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and Education, Personnel, Facilities and Policy
DTIC	Dictionary of Military and Associated Terms
DVI	Direct Voice Input
EA	Electronic Attack
EO / IR	Electro-Optic/Infrared
EW	Electronic Warfare
EW/ISR	Electronic Warfare/Intelligence Surveillance Reconnaissance
FAA	Federal Aviation Administration
FAR	Federal Aviation Regulation
FP	Flight Plan
FY11	Fiscal Year 2011
GAT	General Air Traffic
GBSAA	Ground Based Sense and Avoid
GCS	Ground Control Stations
GWOT	Global War on Terrorism
HAA	High Altitude Airship
HALE	High Altitude Long Endurance

HOTAS	Hands On Throttle-And-Stick
ICT	Information and Communication technology
IED	Improvised Explosive Device
IFR/VFR	Instrument/Visual Flight Rules
IPDI	Increasing Precision with Decreasing Intelligence
IQT	Initial Qualification Training
ISR	Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance
ITU	International Telecommunication Union
JCIDS	Joint Capability Integration Development System
JFC	Joint Force Commander
JTAC	Joint Terminal Attack Controller
J-UCAS	Joint Unmanned Combat Air System
LOS	Line of Sight
MAC	Multi-Aircraft Control
MALE	Medium Altitude Long Endurance
MAV	Micro Aerial Vehicles
M-UGCS	Mini-Universal Ground Control Stations
MUSIC	Manned Unmanned Systems Integration Concept
NAA	National Airworthiness Authorities
NAS	National Airspace System
OAT	Operational Air Traffic
OODA	Observe, Orient, Decide and Act
OSD	Office of the Secretary of Defense
OSRVT	One System Remote Video Terminal
PAD	Processing Analysis and Dissemination
PMATS	Predator Mission Aircrew Training Systems
PRAWNS	Proliferated Autonomous Weapons

QoS	Quality of Service
R&D	Research & Development
RECCE	Recoinnassance
RIQ	RPA Instrument Qualification
ROZ	Restricted Operation Zones
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RSO	Remote Split Operations
RSV	Reparto Sperimentale Volo
S&A	Sense & Avoid
SAR	Synthetic Aperture RADAR
SARP	Standard and Recommended Practices
SATCOM	Satellite Communications
SEAD	Suppression of Enemy Air Defense
SIGAT	Study On Military Spectrum Requirements for the Insertion of UAS Into General Air Traffic
SIGINT	Signal Intelligence
SUAS	Small UAS
TCDL	Tactical Common Data Link
TFR	Temporary Flight Restrictions
UA	Unmanned Aircraft
UAS	Unmanned Aircraft Systems
UAV	Unmanned Aerial Vehicles
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicles
UCI	UAS Command and Control Standards Initiative
UCS	Universal Control Station
UGCS	Universal Ground Control System

UGS	Unmanned Ground Systems
UGV	Unmanned Ground Vehicles
UMS	Unmanned Maritime Systems
UPT	Undergraduate Pilot Training
URT	Undergraduate RPA Pilot Training
USAF	United States Air Force
V&V	Verification & Validation
VLOS	Visual Line of Sight

**Parte analitica**

# 1

## “United States Air Force UAS Flight Plan 2009-2047”

*Lo United States Air Force UAS Flight Plan 2009-2047 traccia una roadmap quarantennale per lo sviluppo degli unmanned basata su una nuova generazione di sistemi, denominata MQ-X, destinata a cambiare il ruolo dell'essere umano in teatro e in grado di riaffermare la leadership della USAF nelle operazioni aeree.*

### 1.1. “United States Air Force UAS Flight Plan 2009-2047”

In un modesto ufficio di uno dei tanti palazzi di Crystal City in Virginia, agli inizi del 2009, prende vita lo *United States Air Force UAS Flight Plan*, la *Vision* della USAF per la capacità Unmanned Aircraft Systems fino all'anno del suo centenario, il 2047. Il lavoro nasce dalla penna del Col. Eric Mathewson e della dozzina di uomini della sua UAS Task Force. “Era chiaro che bisognava essere reattivi, reattivi, reattivi, Era il momento di sviluppare una visione”.<sup>2</sup>

Mediante il paradigma DOTMLPF-P (Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and Education, Personnel, Facilities and Policy)<sup>3</sup> il Flight Plan mira a individuare una soluzione capacitiva completa che coinvolga e sincronizzi elementi di dottrina, organizzazione, formazione, materiale, leadership e istruzione, personale, strutture e policy (DOTMLPF-P). Definisce gli obiettivi di breve periodo e, per il tramite di interventi strutturati ed armonizzati di DOTMLPF-P, delinea lo sviluppo delle capacità esistenti proiettando la USAF fino al 2047. La *Vision* che ne risulta vuole una USAF in trasformazione e “sempre più aperta ad accogliere le caratteristiche di automazione,

<sup>2</sup> J. Pappalardo, *The Future of UAV in U.S. Air Force* – Feb. 2010,

<http://www.popularmechanics.com/technology/aviation/military/4347306>

<sup>3</sup> Il paradigma DOTMLPF-P si inquadra nell'ambito del Joint Capabilities Integration and Development System (JCIDS). Il JCIDS è una procedura sviluppata dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti (DoD) per definire i requisiti di acquisizione ed i criteri di valutazione per i futuri programmi della Difesa per tutti e quattro i servizi (Army, Navy, Marines, Air Force). Tramite il JCIDS, dal 2003, il processo di generazione dei requisiti è orientato non più al singolo sistema o alla specifica piattaforma, ma alle capacità necessarie (Capability Based Assessment, CBA). L'approccio DOTMLPF-P non è un CBA, piuttosto fornisce gli elementi iniziali per futuri CBA.

modularità e sostenibilità offerte dalle capacità UAS, ritenute elemento chiave per una Forza Armata reattiva, flessibile ed in grado di massimizzare l'efficacia del potere aereo del ventunesimo secolo”.

### 1.1.1. Ipotesi di base

Un Flight Plan che tracci la *roadmap* su quasi quarant'anni per lo sviluppo di sistemi in continua evoluzione come sono gli UAS, nel suo piano di azione non può che essere dinamico, flessibile, adattativo quanto basti ad assecondare le tendenze e conformarsi allo sviluppo ed alla maturità di determinate tecnologie. Al contempo, in maniera rigorosa, fissa un set di assunzioni quasi dogmatiche, come sono le seguenti dieci ipotesi di base:

1. L'integrazione di sistemi manned con sistemi unmanned aumenta le capacità di fronteggiare operazioni militari interforze.
2. L'impiego degli UAS si presta in maniera convincente a situazioni in cui la fisiologia umana può limitare l'esecuzione ed il raggiungimento degli obiettivi di una missione (e.g. per maggiori capacità di persistenza, velocità di reazione e per operazioni in ambienti contaminati).
3. L'automazione e lo sviluppo di interfacce utente adeguate sono elementi chiave per aumentare l'efficacia ed al contempo ridurre i costi, il footprint dei sistemi d'arma ed i rischi.
4. La USAF mira a un prodotto che sia un sistema di capacità (payload, network, Processing Analysis and Dissemination - PAD) piuttosto che ad una particolare piattaforma.
5. Solo tramite sistemi modulari con interfacce standardizzate si può raggiungere la flessibilità, la versatilità e la sostenibilità, riducendo al contempo i costi.
6. Un sistema di Comando e Controllo (C<sup>2</sup>) che sia agile, ridondante, interoperabile e robusto è indispensabile per un impiego dell'essere umano non più *in-the-loop*, ma *on-the-loop*.
7. Le soluzioni DOTMLPF-P devono essere sincronizzate.
8. L'industria dovrà essere in grado di sviluppare la tecnologia necessaria in tempo per l'acquisizione dei sistemi.
9. La diversità, la complessità e la letalità delle operazioni di combattimento nel 2047 necessiteranno di “un sistema di sistemi unmanned”.
10. I benchmark riportati nel Flight Plan sono raggiungibili entro i vincoli di bilancio dell'USAF.

### 1.1.2. La Vision

Il piano articola il processo evolutivo degli UAS nel breve termine, a medio termine, prevedendo anche azioni di lungo periodo.

Nel breve, le azioni si concentrano essenzialmente sul miglioramento dell'efficienza operativa, sui cambiamenti dottrinali necessari a chiarire e a rafforzare la catena di comando per questi sistemi, sulla formazione del personale ed i problemi legati alle comunicazioni, come disponibilità di banda e latenze.

Gli obiettivi a medio termine sono focalizzati sull' accelerare l'innovazione ed espandere l'acquisizione di quei sistemi che possano favorire un *end state* di autonomia.

L'obiettivo a lungo termine è quello di permettere la totale integrazione nello spazio aereo e la capacità di poter operare in *full autonomy*. I velivoli senza pilota saranno in grado di rifornire mutuamente entro il 2030. Per la prima volta da una fonte ufficiale si prende in considerazione l'eventualità di sviluppare capacità di attacco autonome, nel piano proiettate al 2047. La manutenzione ordinaria on ground potrà essere condotta sempre dalle macchine senza nessun contributo umano. "Con il progredire della tecnologia, le macchine saranno in grado automaticamente di seguire anche riparazioni in volo" recita il Piano.

Il Piano include raccomandazioni a breve termine e milestone intermedie necessarie a rendere questi obiettivi un giorno fattibili. Per completezza, nella parte specialistica ([Capitolo 7](#)) sono state riportate le milestone previste per il breve periodo: alcune di queste sono state conseguite, altre non sono state raggiunte, come ad esempio una capacità iniziale di "sense and avoid" che avrebbe dovuto essere dimostrata entro la fine del 2010. Tuttavia, a prescindere dalla verifica puntuale delle milestone, il merito del Flight Plan risiede principalmente nell'aver avuto, per la prima volta e con un documento ufficiale, il coraggio di affrontare temi da sempre considerati tabù, come ingaggio di target in autonomia e navigazione autonoma in spazi aerei non segregati, abilità queste ritenute determinanti per sbilanciare l'avversario con un effetto immediato sull'esito delle operazioni.

L'importanza del Flight Plan, per l'ambizione dei propri obiettivi, è nell'assumere il ruolo di *trigger* di un processo di trasformazione in cui la USAF considera sempre più gli UAS come valide e perseguibili alternative a missioni tradizionalmente presidiate da assetti manned, e si impegna a sviluppare lo spettro completo delle capacità potenziali fornite

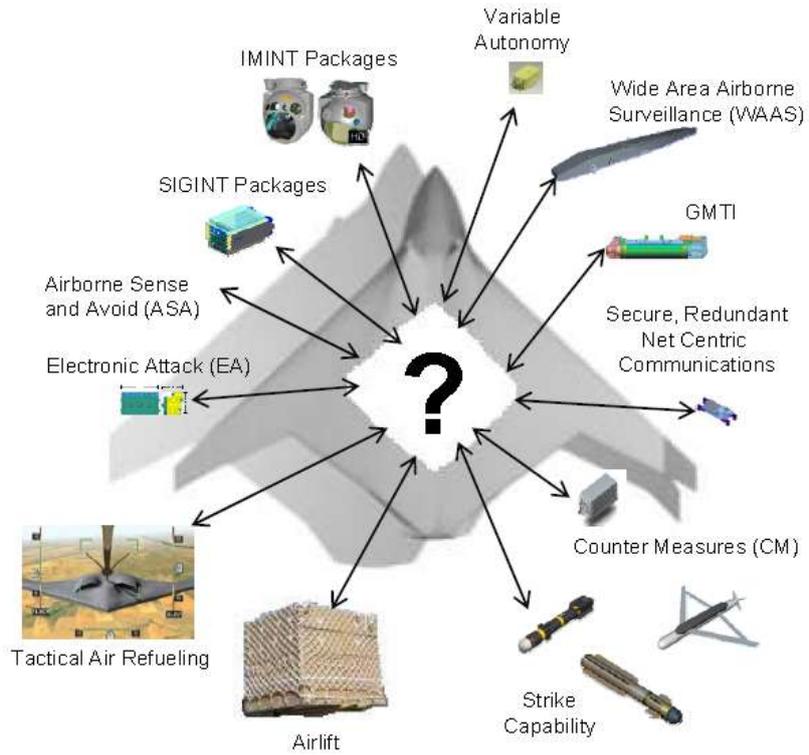
dagli UAS per capitalizzare al meglio la combinazione di caratteristiche che solo gli UAS sono in grado di fornire: persistenza, connettività, flessibilità, autonomia ed efficienza.

C'è una Vision, uno sguardo che va oltre la necessità di sopperire occasionalmente ad un *Urgent Operational Requirement* dunque, come in passato è stato ad esempio per il più rinomato degli UA, il Predator. La USAF con il Flight Plan propone lo sviluppo di un pacchetto completo di aspetti dottrinali, legali, organizzativi che dovrà maturare *all-in-one*, come la tecnologia degli UAS maturerà.

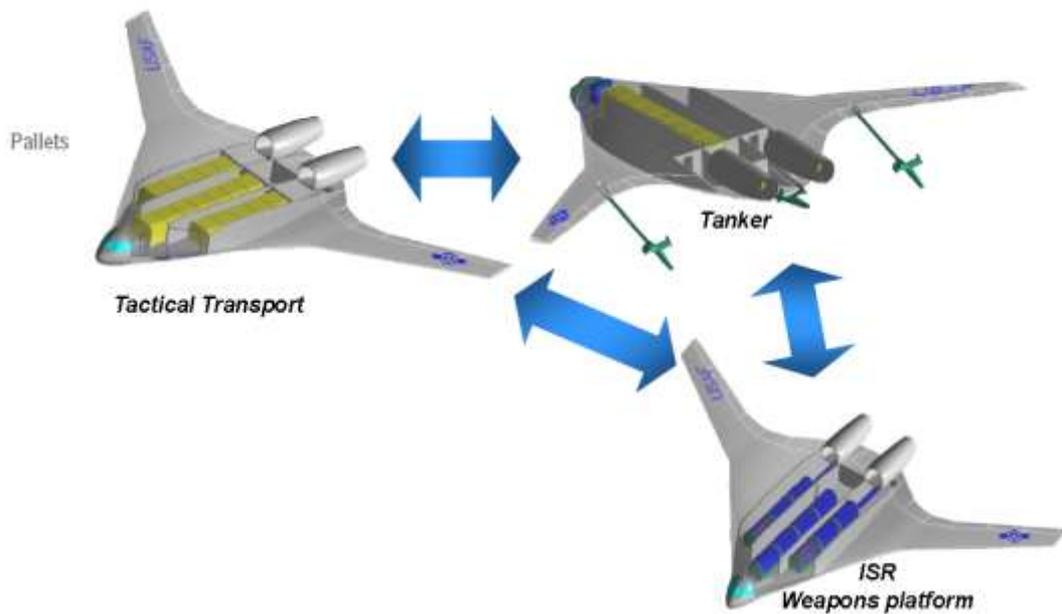
## 1.2. La rivoluzione MQ-X

Il 3 marzo 2011 la USAF ha accettato il 268° ed ultimo MQ-1 Predator. Dal suo primo volo nel luglio del 1994, il Predator ha accumulato oltre 900000 ore di volo. Nel 2017 è previsto l'ultimo tail number per la sua versione B, il Reaper MQ-9.

Il Flight Plan ruota intorno ad una nuova generazione rivoluzionaria di MQ-1 Predator e MQ-9 Reaper: MQ-X è l'erede designato. Per come è concepito il MQ-X sarà un jack-of-all-trades - un tuttodfare insomma, per dirla con un termine meno accattivante - in grado non solo di ricoprire il ruolo dei suoi predecessori ma anche quello di aerei come l'U-2 e l'F16, e i cargo e i tanker. Sarà stealth, ma anche più performante, verrà dotato di sensori di sorveglianza ad alte prestazioni, potrebbe essere equipaggiato per essere un velivolo d'attacco, o potrebbe essere configurato per trasportare un carico merci. Nella Vision l'ultima evoluzione del MQ-X, il MQ-Xc del centenario, sarà in grado complessivamente di condurre operazioni EW/ISR, Close Air Support (CAS), Comms Relay, Data Collection/Dissemination, Specialized Intelligence Surveillance & Reconnaissance, Air-to-Air Refueling, Suppression of Enemy Air Defense (SEAD), Air Interdiction, Counter Air, Missile Defense, Strategic Attack, Aeromedical Evacuation, Personnel Recovery. E la sua versione "Large" il MQ-Lc, erede del RQ-4 Global Hawk, potrà anche portare a termine missioni di assistenza umanitaria, ma anche di Global Strike, piuttosto che Airlift o Comando & Controllo ([Fig. 1](#)). Tutto a partire da un set comune di airframe, con componenti in comune, forma simile e stessa linea di produzione. Ma soprattutto adottando una filosofia mission-oriented che con l'impiego di payload modulari e intercambiabili "plug and play", consenta di riconfigurare l'UA, l'Unmanned Aircraft in relazione agli obiettivi ed alla tipologia di missione: ad esempio tanker, tactical transport, ISR ([Fig. 2](#)). Non mancano infine, nella Vision di lungo periodo, una versione Low Observable, una versione ipersonica ed una long endurance.



**Fig. 1 - MQ-X: jack-of-all-trades<sup>4</sup>**



**Fig. 2 - MQ-X: airframe in comune, stessa linea di produzione<sup>5</sup>**

<sup>4</sup> USAF RPA Update, *Looking to the Future* - June 2011

<sup>5</sup> Ibid.

Due delle principali ragioni per cui si è sempre più fatto strada il volo senza l'ausilio del pilota on board erano i potenziali bassi costi e il diminuito rischio di perdite di vite umane. All'inizio dello sviluppo e del successivo impiego dei sistemi UAS, erano effettivamente considerati assetti spendibili. Perché effettivamente erano relativamente meno costosi rispetto ai sistemi tradizionali e quindi la loro perdita era considerata trascurabile.

Nel tempo e con la rivoluzione MQ-X questi sistemi sono diventati, e continueranno ad esserlo, driver per lo sviluppo di nuove tecnologie e per l'espansione di nuove capacità, grazie anche all'impiego di payload più grandi e più sofisticati.

Quella del MQ-X è una nuova, rivoluzionaria, epocale filosofia per costruire aeroplani basata su architetture aperte, interfacce standard, sistemi non proprietari, footprint limitati, che sfrutta in maniera sempre più insistente sistemi automatizzati, modulari e sostenibili, ma non necessariamente meno costosi.

### **1.3. Il nuovo ruolo dell'essere umano**

Così Aviation Week e Space Technology nel 1973 rispetto ad un ufficiale del Air Force che pronosticava aerei da guerra telecomandati: "Come puoi essere una tigre seduto dietro una console?"<sup>6</sup>. Lo status-quo del pilota nel senso tradizionale ha continuato per un altro decennio con l'esperienza della Guerra Fredda in cui la superiorità aerea era pilot-centric, ancor più che oggi, con aerei ad altissime prestazioni e il controllo di piloti addestrati ed esperti al combattimento aereo ravvicinato piuttosto che BVR (Beyond Visual Range). La Global War on Terrorism (GWOT) ha aumentato enormemente il ruolo e il valore degli UAS, i successi mietuti hanno generato una sete inestinguibile di nuovi sviluppi, acquisizioni, implementazioni di capacità. La GWOT sembra aver cambiato le regole: di fronte ad insorgenti che si confondono con la popolazione locale, in uno spazio aereo che complessivamente è incontestato o certamente più incontestato rispetto alle minacce della Guerra Fredda non c'è nulla di meglio che video in streaming.

Così recita il Flight Plan: "*As technologies advance, UAS automation and hypersonic flight will reshape the battlefield of tomorrow*"<sup>7</sup>. I tempi dell'OODA Loop (*Observe, Orient, Decide and Act*) per il pilota si faranno sempre più stretti ed allora entro il 2020, con un solo segmento di controllo *manned*, un pilota sarà in grado contemporaneamente di

---

<sup>6</sup>Pappalardo J., *The Future of UAV in U.S. Air Force* – Feb. 2010, <http://www.popularmechanics.com/technology/aviation/military/4347306>

<sup>7</sup> United States Air Force – Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009 – 2047 – 2009, pg. 16

controllare più UA grazie alla tecnologia di *Multi Aircraft Control*. Ma se stiamo pensando ad una Ground Station che ha in controllo ad esempio 4 Predator simultaneamente (oggi è possibile, ma solo uno alla volta), l'immaginazione può andare ben oltre. Un aereo di quinta generazione come ad esempio l'F-35 potrebbe essere impiegato in operazioni multi-ship cooperative, ed assumere il ruolo di "*mothership*" impiegando *beyond visual range* una moltitudine di UA come propri *loyal wingmen*: "*Wake me up, when you need me!*". La US Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) usa il rapporto "number of operators/number of UAVs" come metrica per quantificare l'inferenza del fattore umano: molte missioni militari al momento hanno un rapporto 5:1 o superiore. Ovvero 5 operatori per un solo velivolo. Uno degli obiettivi del futuro è invertirlo.

Ma i confini sono ancora più estesi: si parla di sciame di UAV ed UAV completamente autonomi in grado di prendere decisioni da soli. La tendenza è passare dal concetto di *man-in-the-loop*, in cui un equipaggio a terra è in grado di monitorare il decollo, l'atterraggio, la condotta di volo e delle operazioni, al concetto di *man-on-the-loop*, in cui sarà il sistema robotico ad avvisare un umano forse, e se e solo se sarà necessario prendere una decisione critica ([Fig. 3](#)).

Il risultato è una rivoluzione nel ruolo degli umani nelle operazioni aeree, e non solo.

#### **1.4. L'obiettivo (celato) del Flight Plan**

Considerato il crescente interesse sugli UAS e in considerazione dei cambiamenti geostrategici nell'ultimo decennio, anche dovuti alla Global War on Terrorism, non stupisce il fatto che lo USAF Flight Plan 2009-2047 abbia molteplici predecessori:

- Unmanned Aerial Vehicles Roadmap 2000-2025;
- Unmanned Aerial Vehicles Roadmap 2002-2027;
- Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030;
- Unmanned Systems Roadmap 2007-2032;
- Unmanned Systems Integrated Roadmap 2009–2034.

Questi documenti hanno in comune il fatto che siano stati tutti elaborati e pubblicati dal Office of Secretary of Defense statunitense nella proiezione di un obiettivo comune, integrato, sistematico per i Servizi della Difesa Statunitense.

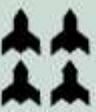
	WWII	Vietnam	Gulf War	OIF/OEF	Near Future	Distant Future
Planes	 1,000 planes (B-17)	 30 planes (F-4)	 1 plane (F-117)	 1 plane (F-16)	 4 planes (MQ-X)	 Swarm (Autonomous UAS)
People	 10,000 crew	 60 crew	 1 crew	 1 crew	 1 crew	 Mission Commander
Targets	 1 Target	 1 Target	 2 Targets	 6 Targets	 32 Targets	 ??? Targets
Tech	Mass Aircraft	Tactical Strike	Laser Munitions	GPS Munitions	MAC	Collaboration
C2	In-the-Loop	In-the-Loop	In-the-Loop	In-the-Loop	On-the-Loop	On-the-Loop
Mgmt	Active	Active	Active	Active	Responsive	Passive

Fig. 3 – Da pilota in-the-loop a mission commander on-the-loop<sup>8</sup>

<sup>8</sup> USAF RPA Update, *Looking to the Future* - June 2011

Il Flight Plan 2009-2047 si pone come la prima roadmap pubblicata dall'USAF, sebbene pochi mesi dopo quella del DoD. A questa, come anticipato, l'anno successivo è seguita la Army Unmanned Aircraft Roadmap 2010-2035.

La U.S. Army ha iniziato ad operare gli UAV a seguito degli eventi dell'11 settembre. Come recita la propria Roadmap, "nell'Ottobre 2001 con 54 tra Hunter e Shadow. Oggi la U.S. Army ha oltre 4000 UAS di varie grandezze e si prevede di acquisirne altri ancora con nuove capacità". E' vero che i sistemi USAF, il Predator prima, il Reaper poi, sono stati i driver dell'esplosione. Ma è vero anche che dall'Aircraft Procurement Plan 2012 – 2041 emerge che l'Esercito acquisirà il Gray Eagle, simile al Reaper, in 78 unità tra il 2012 ed il 2016. Anche il Corpo dei Marines si doterà di un UAS del Gruppo 4 (> 1320 Lbs, < FL180). La Navy ha recentemente emesso una Request of Proposal per un valore fino a 870 milioni dollari per un SUAS (Small UAS) come gap bridge tra le sue attuali capacità e l'ingresso del STUAS, previsto per il 2013. Inoltre, con la sua iniziativa "Unmanned Carrier - Launched Airborne Strike and Surveillance" la Navy mira ad equipaggiare le proprie portaerei con un UCAV a getto entro il 2018. Ad agosto 2011, un F/A-18D Hornet della Navy, modificato per emulare un UAS, ha compiuto un appontaggio *hands-free* sulla portaerei Dwight Eisenhower per il tramite di un controllo da remoto.

Tutte le diverse articolazioni militari si stanno muovendo nell'acquisire una propria capacità UAS indipendente, e per questo potrebbero sembrare poco tendenti a sviluppare sistemi d'arma insieme, seppur a scapito di tempo e costi di ricerca che potrebbero essere condivisi. Questo può certamente avere una ragione nella diversità nell'impiego delle forze, nelle tradizioni e negli obiettivi di missione, ragioni che non sempre è possibile rendere comuni.

A questo aggiungiamo che in effetti il volume fisico aereospaziale, tradizionalmente presidiato dalle Aeronautiche, viene sempre più rosicchiato dal basso dall'impiego degli UAS più leggeri delle Forze di superficie, dall'alto dai satelliti di forte interesse strategico per la Marina.

Jim Dunningan, analista militare, afferma che "il Flight Plan è parte di uno sforzo dell'USAF per rivendicare la propria leadership su tutto ciò che vola, con pilota o meno. Gli altri servizi stanno portando avanti lo sviluppo dei propri UAV senza curarsi molto dell'Air Force. Nessuno ha idea di cosa sarà la tecnologia nel 2017, molto meno nel 2047

in cui ci sarà roba sconosciuta a noi come la tecnologia dei giorni nostri lo sarebbe ad una persona alla fine degli anni 40”<sup>9</sup>.

Con il USAF Flight Plan fino al 2047 la USAF apre formalmente alla cooperazione con gli Alleati, il mondo accademico e l'industria. E, al fine di aumentare la capacità di combattimento interforze, promuove l'interdipendenza tra i Servizi per un più saggio utilizzo degli investimenti. Il Flight Plan è un piano ambizioso che ambisce a dettare i tempi per lo sviluppo degli unmanned, e non solo all'interno del Pentagono. "*The road map to 2047 will likely be good for just a few years. But that's all we need for it to make a big difference.*"<sup>10</sup>

La rivoluzione è in atto: gli UAS sono sempre più emergenti e sempre più driver della ricerca tecnologica. E l'Aeronautica vuole rivendicare la leadership di questa rivoluzione.

---

<sup>9</sup> Ibid.

<sup>10</sup> P.W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense , *Wired for War – The Robotic revolution and conflict in the 21<sup>st</sup> Century* – Gen. 2009

# 2

## Una nuova forma del potere aereo

*Cosa sono gli unmanned? Quali sono le caratteristiche che li rendono unici e complementari rispetto agli assetti manned? Perché perseguire lo sviluppo degli UAS, solo per necessità militari? Le risposte a queste domande, i numeri in ascesa del procurement di questi nuovi assetti e la maturità di tecnologie leading edge determineranno, presto o tardi, una nuova, equilibrata, mutante e imprevedibile forma di potere aereo. Fatta di manned + unmanned.*

### 2.1. L'importanza della terminologia

Il motivo principale che mi ha convinto ad accettare questo tipo di ricerca sugli Unmanned Aircraft Systems è la possibilità di cambiare punto di vista rispetto al passato.

Un ingegnere, l'autore, che non deve pensare ad un nuovo algoritmo di sense & avoid<sup>11</sup> o preoccuparsi di problematiche di airworthiness, o di scrivere la specifica di un sensore avionico, ma che vuole allargare i propri orizzonti e analizzare la sfida tecnologica lanciata dagli UAS, i loro aspetti dottrinali, legali ed etici.

In questo contesto, non potevo che accogliere - mio malgrado - il suggerimento universale del Prof. Hawking<sup>12</sup>, ossia sollevare il lettore dall'analizzare alcuna formula e porre freno all'istinto di voltare pagina. Mio malgrado. Perché una formula, in maniera concisa ed inequivocabile è in grado di descrivere inconfutabilmente anche il più complesso dei processi o comunque di modellarlo nella maniera più rappresentativa. E per chi, per propria inclinazione e formazione, trascorre ed ha trascorso buona parte del proprio tempo

---

<sup>11</sup> L. Caravita, A. Tsourdos, N. Aouf, B. White, P. Silson, Indian Institute of Science, Bangalore (India), *Control strategies applied to waypoint navigation and obstacle avoidance guidance* - Feb 2006

<sup>12</sup> Hawking S., *A Brief History of Time From the Big Bang to Black Holes*, "Someone told me that each equation I included in the book would halve the sales. I therefore resolved not to have any equations at all. In the end, however, I did put in one equation, Einstein's famous equation,  $E = mc^2$ . I hope that this will not scare off half of my potential readers." - 1988

in compagnia dei numeri, ragionare e parlare per formule fa parte della propria natura, più che una forma di credo.

Sottratto il lettore alla noia - o al fascino - di una formula, non si può fare tuttavia a meno di confrontarsi con le definizioni. Non in maniera altrettanto efficace come una formula, una definizione, che sia nella concezione aristotelica o di Leibniz, dichiara l'essenza di una cosa, la descrive, ne indica le possibilità. Di una definizione quindi, almeno di questa, non se ne può fare a meno.

Dovendo iniziare a parlare di UAS dunque, era necessario sin da subito definire cosa sono, cosa possono fare, cosa è evidente e cosa si nasconde nel termine "Unmanned".

Sorprende allora il fatto che alla pagina 1 (ma anche nelle successive) del Flight Plan, la *vision* quarantennale della USAF per gli UAS, manchi la definizione di UAS. Ma come? Il Col. Mathewson e la sua dozzina di collaboratori della USAF UAS Task Force di cui era Direttore, nel dare alla luce il Flight Plan, avevano ommesso proprio di definire gli UAS.

Non solo. Recentemente ho appreso che la USAF UAS Task Force ha cambiato oltre al proprio Direttore anche la denominazione istituzionale: da UAS Task Force a RPA Task Force ovvero *Remotely Piloted Aircraft*, cioè Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR) nella consolidata traduzione italiana. La stessa Task Force che aveva dato alla luce una Vision di lungo periodo, rivoluzionaria ed epocale per gli UAS, aveva cambiato nome reintroducendo il "vecchio" termine RPA<sup>13</sup>. E' curioso che l'accezione Remotely Piloted nel USAF UAS Flight Plan 2009-2047 appare solo marginalmente, per di più verso il termine del documento.

Anche l'ICAO ha recentemente riportato in voga il concetto di RPA e di RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) nei primi outcome del proprio UAS Study Group<sup>14</sup>, proprio quando il termine UAS sembrava quasi universalmente accettato non solo dai militari ma anche da tante organizzazioni civili (FAA, RTCA, EASA, EUROCAE, EUROCONTROL...).

Quando ci sono problemi con le definizioni, per fare chiarezza generalmente ci si affida ad un vocabolario. In questo caso, la scelta è caduta sull'ultima edizione del dizionario ufficiale del US Department of Defense, il Dictionary of Military and Associated Terms

---

<sup>13</sup> Kyle Peterson, Official Website Reuters.com - *You say "drone," I say "remotely piloted"* – Dic. 2009, <http://www.reuters.com/article/2009/12/16/us-aero-arms-summit-drones-idUSTRE5BF4DZ20091216>

<sup>14</sup> ICAO Circular 328, *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular* – Mar. 2011

(Dtic) <sup>15</sup>, in quanto “*primary terminology source*” per tutti i Servizi e le Agenzie del DoD statunitense “ *when preparing correspondence, to include policy, strategy, doctrine, and planning documents*”, per scoprire, e con mio estremo stupore, che si parla solo di UAS e non c'è nessun cenno al termine UAV (e, a dire il vero, nemmeno alle sue versioni di superficie *ground e maritime*, UGS e UMS) ed RPA.

Fatta questa breve *survey of literature*, vengo al dunque. Il Predator ha una sua connotazione specifica, un proprio design, un proprio inviluppo d'impiego, sia che lo si chiami UAS sia che RPA o UAV o drone, di maggior flavour giornalistico. Perché, nella pratica, il Predator è ciascuno di questi.

Allora, perché la terminologia è importante? Perché le implicazioni della terminologia possono essere profonde, con impatti legali, morali, mediatici.

Perché l'utilizzo dell'accezione “Remotely Piloted” può voler riaffermare un ritorno alle origini di una Aeronautica Pilot-centric. Come se il termine Unmanned desse l'idea, sbagliata o perlomeno ambigua, ma solo per i non-addetti-ai-lavori, di non contemplare al proprio interno il fondamentale contributo, operativo e decisionale, dell'essere umano, del pilota, sia esso in-the-loop o on-the-loop. Ma anche perché il termine “Pilotaggio Remoto” trova una sua precisa connotazione giuridica che lo riconosce espressamente come un mezzo pilotato da un equipaggio che opera da una stazione remota di comando e controllo e di cui ne è responsabile<sup>16</sup>.

Lo stesso termine “Aircraft”, aeromobile, rispetto ad “Aerial”, racchiude in sé le proprie capacità di volare grazie a principi aerostatici ed aerodinamici, ed è di vitale importanza per le autorità nazionali di certificazione (National Airworthiness Authorities, NAA) che trattano esclusivamente di aeromobili.

Il termine “System” piuttosto che Vehicle, ormai obsoleto seppur più comune e pratico, consente di portare in conto oltre al segmento aereo anche quello ground, il sistema di Comando e Controllo (C2), i sistemi di supporto e, non ultimo, il pilota o, ancor meglio, l'equipaggio.

Il ritorno al termine RPA, significa ritornare a considerare un unmanned come un aeromobile pilotato convenzionalmente nel quale il cockpit non vola con il resto del

---

<sup>15</sup> [http://www.dtic.mil/doctrine/dod\\_dictionary/](http://www.dtic.mil/doctrine/dod_dictionary/) - Mag. 2011

<sup>16</sup> Legge 14 luglio 2004, n. 178, "Disposizioni in materia di aeromobili a pilotaggio remoto delle Forze armate" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 168 del 20 luglio 2004

velivolo. In altre parole, un ritorno al passato con una sola cabina (seppur a terra) per un solo velivolo. Un passo indietro? Forse, ma anche un modo per aprire la strada alla certificazione di questi sistemi.

A conferma di questi ragionamenti, nella Army Unmanned Aircraft Roadmap 2010-2035, la vision per gli unmanned dell'esercito americano, a differenza della Air Force tradizionalmente non pilot-centric, si riferisce ad un altro neologismo: Optionally Piloted Vehicle. Così Aviation Week:

*“What is refreshing about the Army's roadmap is it's not "pilot-centric". The Air Force spent months developing a credible UAS roadmap that emphasizes the need to increase the autonomy of unmanned aircraft - only to have its leadership decide it wanted to call them remotely piloted aircraft - RPAs - to keep the stick-and-rudder guys happy...”<sup>17</sup>*

Forse per riportare romanticamente il pilota al centro del volo. Forse per favorire il processo di certificazione e renderlo quanto più possibile simile a quello consolidato degli aeromobili a pilotaggio convenzionale. Forse per mitigare l'impatto mediatico che possono avere concetti evolutivi come la full autonomy, il multi aircraft control o gli sciami di UAS, che sono all'interno di un documento ufficiale USAF e che verranno esplorati nel corso di questo lavoro. Forse nessuna di queste o forse tutte o altre ancora. Certamente il ritorno alla definizione di RPA non sarà sufficiente ad arrestare il progresso tecnologico, chissà forse potrebbe addirittura favorirlo.

Una definizione non è una formula e dunque può, e forse ha il dovere di, lasciare spazio alle libere interpretazioni.<sup>18</sup>

## **2.2. Un'esperienza 4D**

Un Unmanned Aircraft (UA), il segmento aereo di un UAS, non è progettato e dimensionato per sostenere alcuna forma di vita. Questo attributo rende gli UAS unici e conferisce loro l'innata capacità di affrontare missioni “Dull, Dirty, Dangerous e Deep”.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> G. Warwick, Aviation Week online – Apr. 2010 - [www.aviationweek.com](http://www.aviationweek.com)

<sup>18</sup> Nota dell'autore: Nel prosieguo del documento, anche in accordo al titolo del presente progetto di ricerca, si riferirà al termine UAS, adottando la definizione data all'interno dello *Strategic Concept Of Employment for Unmanned Aircraft Systems* della NATO (Ed. 2010), apparsa la più esauriente ed esaustiva, riportata nel capitolo 6 nella parte specialistica a corredo del presente lavoro di ricerca.

Le prestazioni di un UAS non sono limitate dalle caratteristiche fisiologiche umane e dalle sue prestazioni. La caratteristica di estrema persistenza in situazioni d'impiego *Dull*, ovvero con bassi carichi di lavoro, come pattugliamento dei confini nazionali e delle acque territoriali anti contrabbando, comms-relay, missioni intercontinentali andata e ritorno di decine di ore per le Remote Split Operations (RSO), attività di monitoraggio ambientale, è un beneficio intrinseco nel concetto d'impiego stesso di un UAS. In ambito civile, la DARPA<sup>20</sup> challenge o la GOOGLE car<sup>21</sup>, sono i più rinomati e riusciti esempi di come poter imbottire di sensori una comune autovettura e sollevare l'essere umano dall'affrontare un viaggio in automobile per ore intere che è da considerare un impegno *Dull*, a tutti gli effetti.

L'impiego di UAS è possibile anche per missioni *Dirty*, in aree contestate ed ostili o in aree contaminate da agenti nucleari, batteriologici o chimici. Azionato da un'elica e otto ali separate, un micro UAV di forma sferica realizzato in fibra di carbonio e stirene, del peso di circa 340 grammi è stato appositamente ideato in Giappone dopo Fukushima, per la perlustrazione delle zone terremotate o colpite da calamità naturali.<sup>22</sup> Lo stesso Global Hawk da 60000 piedi è stato impiegato a seguito del terremoto di Haiti per operazioni di ricognizione, cosiddette *recce*.<sup>23</sup> o in Giappone dopo lo tsunami.

Missioni *Dangerous*, sono per quelle situazioni in cui l'impiego dell'essere umano è certamente a rischio della propria vita, come nei casi in cui le forze nemiche potrebbero essere in possesso di un efficace sistema integrato di difesa aerea<sup>24</sup>. E infine le missioni *Deep*, ove in virtù dell'innata capacità di penetrazione all'interno del territorio nemico, la soppressione di interi sistemi di difesa aerea, in scenari ad alta proliferazione di minacce di superficie, non può che essere affidata a UAS economici e spendibili.

Ma non basta. Gli UAS consentono di ricevere e disseminare informazioni in tempo reale da e verso tutto il pianeta. Tutto il potere aereo necessario in determinate situazioni d'impiego operativo potrebbe stare in uno zaino. L'addestramento e la qualifica degli

---

<sup>19</sup> UK Minster of Defense, Joint Doctrine Note 2/11, *The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems* – Mar. 2011

<sup>20</sup> Defense Advanced Research Project <http://www.darpa.mil/>

<sup>21</sup> J. Markoff, New York Times – Google cars drive themselves in traffic – Ott. 2010, <http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html?pagewanted=all>

<sup>22</sup> B. Rosenberg, *Small unmanned systems play outsized role in tactical operations* – Mag. 2011,

<http://defensesystems.com/articles/2011/05/03/c4isr-1-unmanned-aircraft-systems-advances.aspx>

<sup>23</sup> USAF Official Website- Global Hawk collects reconnaissance data during Haiti relief efforts – Gen. 2010,

<http://www.af.mil/news/story.asp?id=123185754>

<sup>24</sup> <http://www.unmanned.co.uk/unmanned-vehicles-news/unmanned-aerial-vehicles-uav-news/global-hawk-set-to-watch-over-north-korea/>

equipaggi potrebbero essere assolti quasi interamente al simulatore, senza nessun impiego di UA. Gli UAS sono tra i carrier di elezione per lo sviluppo di energie alternative che sfruttino ad esempio l'alimentazione a celle solari ([Fig. 4](#)), sistemi di propulsione elettrici o l'idrogeno come propellente ad alta energia<sup>25</sup>. L'utilizzo di architetture aperte, standard e scalabili permetterà di raggiungere capacità incrementali in maniera completamente modulare. Sistemi completamente autonomi, senza l'equipaggio on-board, saranno ideali in situazioni in cui la conoscenza dello scenario operativo può essere parziale ed incerta, l'ambiente è in continua evoluzione ed i dati sensoriali umani potrebbero essere incompleti o poco accurati.

Sono questi i motivi che insieme con gli attributi di persistenza, efficienza, flessibilità d'impiego operativo, capacità ISR, capacità di raccolta informazioni e capacità di attacco, complessivamente fanno degli UAS un assetto moltiplicatore di forze, di cui non è più possibile fare a meno nell'ampio spettro delle operazioni militari manned.

### **2.3. L'entusiasmo e la corsa agli UAS**

La US Air Force prevede di stabilire tre nuovi stormi di MQ-1 Predator e MQ-9 Reaper entro il termine del 2011, insieme con sei nuove unità della Air National Guard ed uno stormo della Air Force Reserve, secondo il Col. James Gear Capo della RPA Task Force ad un recente intervento alla C4ISR Journal Conference in Washington, D.C..<sup>26</sup>

Le operazioni in corso nel sudovest asiatico continuano a guidare la vorace domanda di piloti, personale di supporto, e di banda ha affermato Gear, e sono necessari ulteriori assetti per operazioni di sorveglianza 24/7 e di CAS.

La USAF sta rapidamente costruendo la sua flotta UAS, con l'obiettivo di avere abbastanza cellule, personale qualificato e infrastrutture di supporto che entro il 2011 possano consentire di sostenere 50 orbite around-the-clock, le cosiddette CAPs (Combat Air Patrol), orbite di pattugliamento aereo simultanee di Predator e Reaper e 4 di Global Hawk RQ-4. L'obiettivo per la fine del 2013 è di arrivare fino a 65 CAPs. La flotta di MQ-1 Predator e MQ-9 Reaper ha raggiunto un milione di ore di volo di combattimento nel marzo 2011, dopo 14 anni di impiego. Tuttavia, la crescita nell'impiego di UAV sta

---

<sup>25</sup> Naval Research Laboratory, *NRL's Ion Tiger Sets 26-Hour Flight Endurance Record* – 2009, <http://www.nrl.navy.mil/pao/pressRelease.php?Y=2009&R=126-09r>

<sup>26</sup> <http://www.airforcetimes.com/news/2010/10/air-force-uav-autonomy-101610w/> - Ott. 2010



Fig. 4 – UAS con alimentazione a celle solari

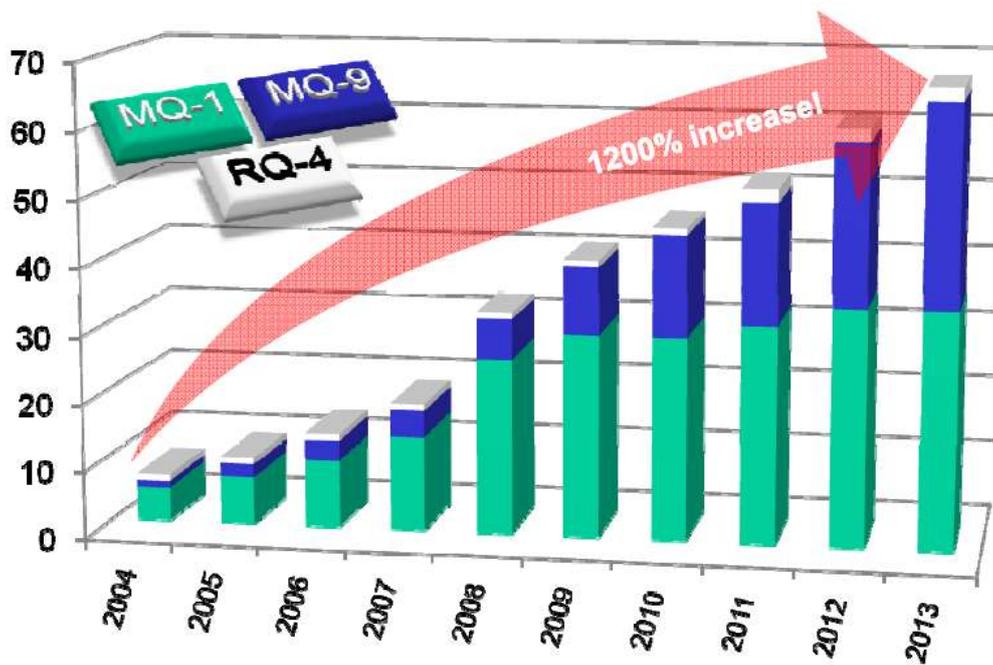


Fig. 5 – Una crescita del 1200% delle CAP dal 2004 al 2013<sup>27</sup>

<sup>27</sup> USAF RPA Update, *Looking to the Future* - June 2011

accadendo ad una velocità tale che entro altri due anni e mezzo potrebbero essere raggiunte 2 milioni di ore di volo. "Quando ho iniziato questa attività nel 2003, avevamo in mente di come arrivare a 24 Combat Air Patrol nel 2010. Mai avremmo pensato di raggiungere simili risultati", ha concluso il Col. Gear, che ha riconosciuto che l'Air Force inizialmente aveva grossolanamente sottovalutato la domanda.<sup>28</sup> Nel 2004 la USAF garantiva 4 CAPs, le 65 previste per il 2013 ([Fig. 5](#)) rappresentano una crescita del 1200%.<sup>29</sup>

Il Pentagono ha appena rilasciato il suo Aircraft Procurement Plan 2012-2041<sup>30</sup>, piano integrato interforze per l'acquisto e lo sviluppo di aerei militari su base trentennale.

Al momento del rilascio, la crisi economica globale già imperversava, sebbene il rating USA non fosse stato ancora abbassato<sup>31</sup>. E' presumibile quindi che in considerazione della crisi economica globale, un elevato numero di fattori, fiscali, strategici, industriali o tecnologici potranno intervenire o cambiare in maniera imprevedibile nel prossimo futuro i numeri del Procurement Plan. Tuttavia, al 2011, l'impegno annuale previsto ammonta a circa 25 miliardi di dollari l'anno per l'acquisizione di più di 5500 aerei militari, ma soprattutto, con più robotica che mai. In sostanza il Pentagono stima che possa affrontare le sfide dei prossimi tre decenni con una forza aerea che sia approssimativamente delle dimensioni di oggi, e comprenderà piattaforme manned e piattaforme unmanned.

La popolazione manned è più o meno stabile ma presente e nutrita.

Bombardieri, tra cui B-1, B-2, B-52 e il futuro "Long Range Strike": 150 in tutto, da oggi fino al 2030. Aerei cargo come il C-130, C-17 e C-5 dovrebbero restare circa 850 per i prossimi tre decenni. La flotta di rifornimento in volo KC-130, KC-135, KC-10 e KC-46s perderà 10 cellule dalla flotta attuale di 550 aerei. Considerando F-15, F-16, F/A-18, F-22s e F-35, l'arsenale di fighter si ridurrà del 10 per cento dai 3300 di oggi. Lo stesso Procurement Plan assicura che nei prossimi dieci anni, l'F-22 rimarrà per la USAF il "premier air-to-air fighter aircraft" spendendo 4,5 miliardi di dollari per la sua modernizzazione.

---

<sup>28</sup> <http://www.uasvision.com/2011/02/16/us-air-force-plans-10-new-uas-squadrons/> - Feb. 2011

<sup>29</sup> Dr. Mikel M. Miller Chief Technologist Air Force Research Laboratory – *Collaboration for the Future* - Giu. 2011

<sup>30</sup> Department of Defense, *Aircraft Procurement Plan Fiscal Years (FY) 2012-2041 Submitted with the FY 2012 Budget* - Mar. 2011

<sup>31</sup> Standard & Poor's - *Research Update: United States of America Long-Term Rating Lowered To 'AA+' On Political Risks And Rising Debt Burden; Outlook Negative* – Ago. 2011

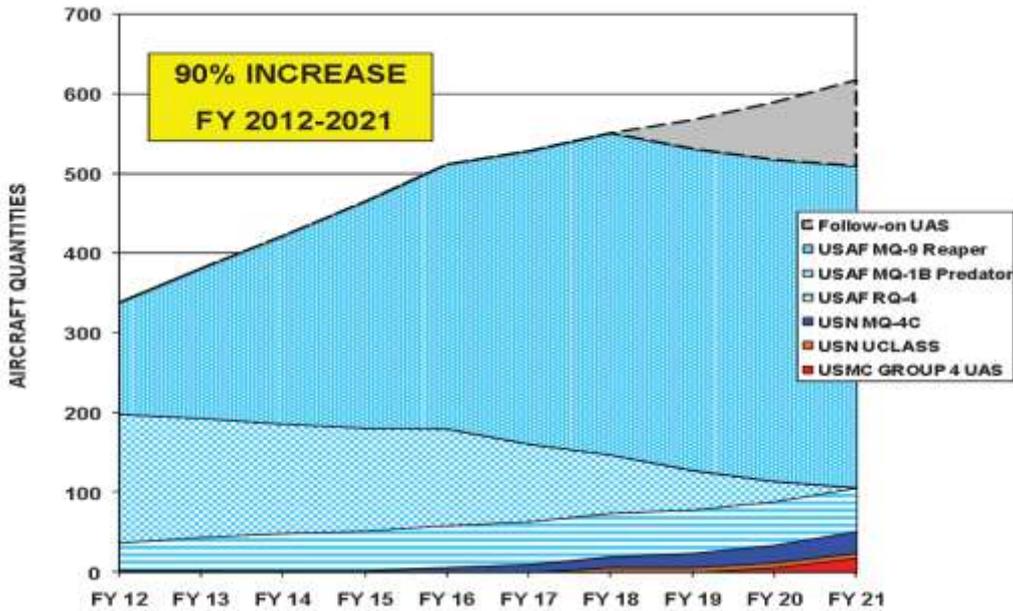


Fig. 6 – Le previsioni per la flotta UAS della USAF fino al 2021<sup>32</sup>

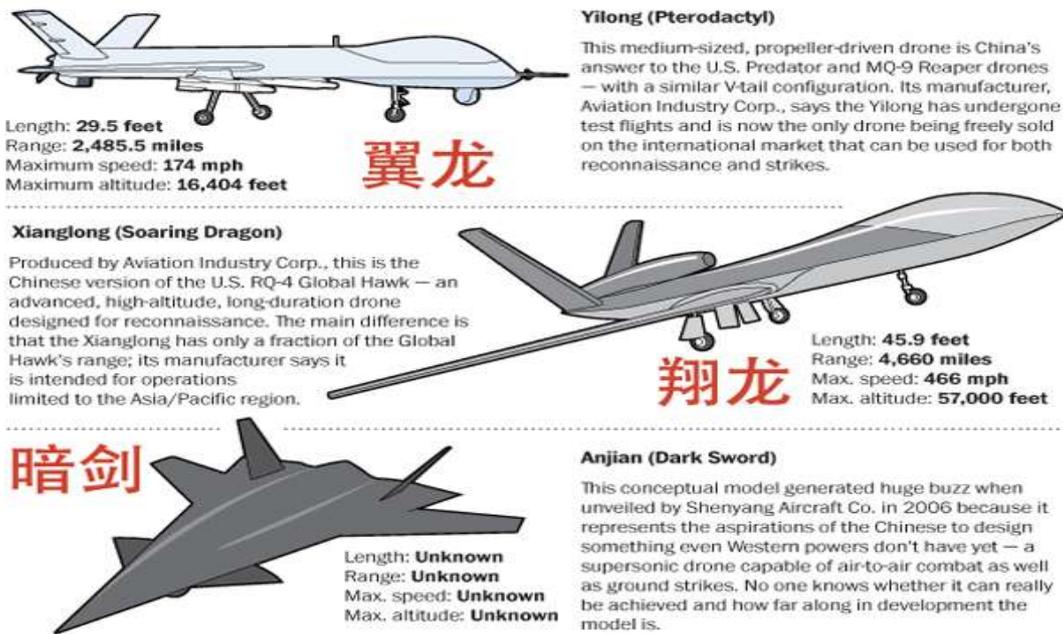


Fig. 7 – Versioni cinesi “copycat” del Predator e del Global Hawk<sup>33</sup>

<sup>32</sup> USAF RPA Update, *Looking to the Future* - June 2011

<sup>33</sup> The Washington Post, Official Website, Global race on to match U.S. drone capabilities – Lug. 2011, [http://www.washingtonpost.com/world/national-security/global-race-on-to-match-us-drone-capabilities/2011/06/30/gHQACWdmxH\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/world/national-security/global-race-on-to-match-us-drone-capabilities/2011/06/30/gHQACWdmxH_story.html)

Inoltre 603 JSF saranno acquisiti dal 2012 al 2021, con uno stretching dei tempi del programma per arrivare ai 1763 previsti per la USAF (2456 complessivamente per AirForce, Marine Corps e Navy)<sup>34</sup>. C'è una grande novità che altro non è che una grande eccezione rispetto ai numeri in leggera discesa, ma pressoché stabili, delle piattaforme manned. La forza aerea robotica praticamente raddoppierà nel giro dei prossimi nove anni. Ogni altra categoria è più o meno stabile, l'unica vera area di espansione è quella degli UAS di medie e grandi dimensioni. Il numero di piattaforme di questa categoria, ad oggi composta da RQ-4 Global Hawk, MQ-9 Reaper e MQ-1 Predator, crescerà da circa 340 nel 2012 a 650 nel 2021, afferma il rapporto ([Fig. 6](#)). Il Procurement Plan complessivamente conferma le parole del Col. Gear: 65 orbite simultanee per il 2013.

Il Procurement Plan spiega inoltre che “il piano di acquisizione di sistemi long endurance, assetti unmanned ISR, molti con light-strike capabilities, è il riflesso della recente esperienza operativa in Afghanistan e Pakistan, della domanda dei Combatant Commander (COCOM)”, del Reaper che pattuglia le coste della Somalia, recentemente anche dell'esperienza in Libia oltre che l'impiego del Global Hawk nella ricerca di superstiti dei terremoti ad Haiti e in Giappone.

In uno studio di mercato “World Unmanned Aerial Vehicle Systems, Market Profile and Forecast 2011”<sup>35</sup>, il Gruppo Teal evidenzia che la spesa per UAS militari nei prossimi dieci anni passerà da 4,9 miliardi di dollari a 11,5 miliardi di dollari l'anno. Il rapporto stima che la spesa totale per il prossimo decennio supererà i 100 miliardi di dollari. Inoltre, il rapporto osserva che gran parte della crescita del mercato è guidata dalle esigenze militari statunitensi e da una tendenza generale verso l'information warfare e l'acquisizione di capacità ISR come gli UAS. Lo studio ha anche rilevato che nel prossimo decennio, gli Stati Uniti rappresenteranno il 76% dell'investimento globale per ricerca e sviluppo, e circa il 69% dei costi di approvvigionamento. Dopo gli Stati Uniti, la regione Asia-Pacifico prima, l'Europa poi saranno i due altri principali mercati per l'approvvigionamento e lo sviluppo degli UAS, sebbene Cina e Giappone non siano altrettanto trasparenti nei numeri come l'Europa. Africa ed America Latina dovrebbero mantenere la tendenza degli anni precedenti e confermarsi un mercato modesto per gli UAS. Lo stesso studio presenta le previsioni su finanziamenti e produzioni per una vasta gamma di payload per UAV su una base dei tempi di 10 anni, tra cui sensori Electro-Optic/Infrared (EO / IR), Radar ad

---

<sup>34</sup> Jeremiah Gerter - *F-35 Joint Strike Fighter (JSF) Program: Background and Issues for Congress* – Dec. 2009

<sup>35</sup> Zaloga, Rockwell, Finnega – Teal Group, *World Unmanned Aerial Vehicle Systems, Market Profile and Forecast* – Ed. 2011

apertura sintetica (SAR), SIGINT e sistemi EW, sistemi C4I, e Sensori CBRN (Chemical, Biological Radiological, Nuclear), del valore di 2,6 miliardi di dollari per il 2011 che dovrebbe salire a 5,6 miliardi dollari nel 2020.<sup>36</sup>

A conferma delle previsioni, l'industria aerospaziale statunitense è in continua espansione per soddisfare l'enorme appetito del Pentagono per gli aerei senza pilota. Negli ultimi due anni non meno di tre sistemi da combattimento hanno iniziato le attività di flight test. Boeing X-45C, Northrop X-47B e l'Avenger della General Atomics sono in lizza per i nuovi contratti di Air Force e Navy. Con una domanda così crescente, il futuro degli UAS militari sembra sempre più in espansione. E potrebbe crescere ulteriormente: il Procurement Plan evidenzia che le previsioni sono comunque per procurement meno specifici dopo il 2016 per permettere la flessibilità necessaria per continuare a crescere seguendo le tecnologie emergenti. In altre parole il Pentagono potrebbe anche decidere di comprare ancor più sistemi senza pilota rispetto a quelli attualmente previsti. O comunque, moltiplicare l'efficacia della flotta grazie allo sviluppo di nuovi sensori maggiormente performanti.

Gli Stati destinati ad acquisire un vantaggio della robotica tendono a essere quelli più piccoli, con relazioni complicate con i paesi confinanti. Le Coree e Singapore, sono in queste situazioni, quindi non sorprende il fatto che anch'essi siano paesi emergenti nel settore della robotica e nella fattispecie degli unmanned. Israele anch'essa è leader con la propria Elbit<sup>37</sup> e con le attività di ricerca del Technion Institute of Technology di Haifa<sup>38</sup>.

Il Giappone ha una forte industria civile, ma non militare a causa delle restrizioni del secondo dopoguerra. La Cina originariamente ha palesemente copiato i modelli americani, come fossero borse di Louis Vuitton: lo "Yilong" è praticamente uguale al Predator, così come lo "Xianglong" al Global Hawk<sup>39</sup> (**Fig. 7**). Ultimamente però hanno sfornato 25 diversi sistemi proprietari senza pilota, anche in versioni combat o equipaggiati con motori a getto<sup>40</sup>. Potrebbe essere discutibile il fatto che i loro prodotti siano capaci come quelli occidentali, tuttavia il punto è che la loro industria sta crescendo rapidamente in qualsiasi campo della tecnologia, tanto più nella tecnologia robotica e negli UAS.

---

<sup>36</sup> Mike Smith, <http://www.suasnews.com/2011/03/3981/teal-group-predicts-worldwide-uav-market-will-total-just-over-94-billion-in-its-just-released-2011-uav-market-profile-and-forecast/> - Mar. 2011

<sup>37</sup> <http://www.elbitsystems.com/elbitmain/>

<sup>38</sup> <http://www1.technion.ac.il/en>

<sup>39</sup> The Washington Post, Official Website, Global race on to match U.S. drone capabilities – Lug. 2011, [http://www.washingtonpost.com/world/national-security/global-race-on-to-match-us-drone-capabilities/2011/06/30/gHQACWdmxH\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/world/national-security/global-race-on-to-match-us-drone-capabilities/2011/06/30/gHQACWdmxH_story.html)

<sup>40</sup> The Wall Street Journal, Official Website, J. Page, *China's New Drones Raise Eyebrows* – Nov. 2010, [http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703374304575622350604500556.html?mod=WSJ\\_hp\\_mostpop\\_read](http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703374304575622350604500556.html?mod=WSJ_hp_mostpop_read)

Il futuro sembra chiaro, i numeri lo chiariscono un po' per tutti, almeno per i prossimi vent'anni. Il futuro sarà manned + unmanned.

#### **2.4.1 driver: l'emergenza di tecnologie emergenti**

Quali sono i driver storici, culturali, sociali, tecnologici, per decidere di sviluppare e perseguire con tanti investimenti lo sviluppo di sistemi che potrebbero essere considerati emergenti?

Visti i numeri e gli interessi in gioco, parlare di Unmanned Aerial Systems come realtà tecnologica emergente può essere considerato decisamente limitativo. Termini come Swarming, Full Autonomy, Mothership, Multi Aircraft Control, Sense & Avoid, Loyal wingman, (tutti concetti che verranno ripresi nel presente capitolo) sono più che familiari ai frequentatori dei laboratori universitari in cui questo tipo di tecnologia è proliferante da tempo.

Da un punto di vista ingegneristico, questa tecnologia è certamente non matura, ma nemmeno emergente. Tuttavia lo è per il mercato globale, per le accezioni comuni.

Per l'uomo è difficile resistere alla tecnologia, impossibile rimanerne indifferenti. Il termine tecnologia emergente, per la comunicazione di massa, automaticamente innesca la corsa ad ostentare uno *status symbol* unico, introvabile, prototipale. Oppure, al contrario, può innescare un intrinseco suggerimento ad attendere prudentemente un modello successivo. Lo stesso fascino o la stessa prudenza non può che coinvolgere anche chi deve adottare questo tipo di tecnologia per la propria flotta aerea.

E' difficile prevedere come l'evoluzione delle stesse tecnologie possa influire sui domini per cui sono state create. Ogni tecnologia, se influente, può destabilizzare le abitudini, la cultura, le istituzioni civili, economiche, le strutture tecnologiche e sociali, e quindi, certamente l'esito di operazioni militari. Adottare una tecnologia implica prevederne le conseguenze del suo impiego ed evitare a se stessi sgradevoli sorprese<sup>41</sup>.

Nel corso della storia, la sicurezza di un territorio o di un Paese, il potere, le operazioni militari e l'adozione di tecnologia sono state sempre strettamente collegate. Molte delle più importanti tecnologie emergenti derivano direttamente o indirettamente dalla ricerca nei domini militari o di sicurezza.

---

<sup>41</sup> NRC (National Research Council), 2005, *Avoiding Surprise in an Era of Global Technology Advances*. Washington, DC: National Academy Press.

L'importanza delle nuove tecnologie per il mantenimento del vantaggio militare e culturale è un segno distintivo nella storia militare: i costi di una sconfitta militare incoraggiano dunque l'innovazione, da un lato. Dall'altro, una certa propensione progressista, può essere controbilanciata dall'inerte conservatorismo delle organizzazioni militari, i cui leader, piuttosto che ad adottare tecnologie sì rivoluzionarie ma a maggior rischio di impiego, possono avere una propensione maggiore verso modelli, abitudini e tecnologie passate e consolidate che hanno mietuto successi.

La mitragliatrice, ad esempio è stata inventata nel 1861, e sebbene la guerra civile imperversasse al momento, non è stata impiegata per decenni. Anche quando la mitragliatrice ha cominciato ad essere ampiamente utilizzata durante la prima guerra mondiale, più di mezzo secolo più tardi, ci sono voluti ancora diversi anni prima che, in virtù del suo utilizzo, venisse cambiato il modo di pianificare e condurre le battaglie.

Come disse un ufficiale francese nel 1916 dopo la battaglia di Verdun, "tre uomini e una mitragliatrice possono fermare un battaglione di eroi". Le stesse perplessità li nutriva il generale dell'esercito americano Hamilton Hawkins che lamentava il "folle ed ingiustificato scarto di cavalli" a favore dei carrarmati, sulla base di più di 4000 anni di successi di battaglie alle spalle condotte a cavallo.<sup>42</sup>

Spesso il cambiamento può essere lento anche a causa di guerre burocratiche. Coloro il cui talento, ruolo o formazione possano essere messi in discussione o resi obsoleti dalle nuove tecnologie, spesso combatte tutto ciò che minaccia il proprio prestigio. Gli ingegneri sulle prime navi a vapore della Marina, per esempio, non avevano nemmeno il permesso di mangiare allo stesso tavolo con gli altri ufficiali perché la tecnologia a vapore non era considerata degna di gentiluomini che erano cresciuti nell'era della vela.<sup>43</sup>

La stessa rivalità tra Forze Armate può portare a difendere i propri programmi tecnologici di ricerca e sviluppo nel tentativo di mantenere la pari dignità e pari visibilità con le altre forze armate. Come menzionato precedentemente, non solo l'USAF, ma anche l'Esercito statunitense ha individuato una propria roadmap, una tabella di marcia fino al 2035 che prevede l'acquisizione da micro UAS a versioni senza pilota dell'elicottero Apache.

---

<sup>42</sup> Peter W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense, *How the U.S. Military Can Win the Robotic Revolution Military Technology*, Defense, Technology, U.S. Department of Defense , Director, 21st Century Defense Initiative – Mag. 2010

<sup>43</sup> Ibid.

Uno dei grandi enigmi della guerra e della tecnologia risiede nella concezione più o meno diffusa del vantaggio della prima mossa. Commodore è stato uno dei primi leader mondiali nei personal computer: il Commodore 64 è arrivato ad essere il computer più venduto al mondo. Tuttavia Commodore è fallita nel 1994. I turchi ottomani furono i primi a padroneggiare con successo l'uso della polvere da sparo, diventando un potente impero che abbracciava tre continenti. Subito dopo i loro eserciti furono sconfitti. A giudicare dagli eventi, sembra che le forze armate statunitensi siano alle prese con una sfida simile. Quando le forze USA si sono rischierate in Iraq nel 2003, c'erano solo una manciata di velivoli senza pilota, nessuno armato, nessun veicolo ground. Oggi i numeri sono diversi. Il MQ-1 Predator può sembrare una tecnologia nuova, ma risale ai primi anni '80. Fu solo dopo gli attacchi dell'11 settembre, che il Predator ha cominciato a dimostrare il proprio valore in Afghanistan e che l'USAF ha iniziato a comprare il sistema in un numero apprezzabile. La USAF è stata inizialmente reticente e scettica nell'adozione degli UAS in parte perché la leadership era prevalentemente costituita da piloti, e i piloti temevano l'assegnazione a Nellis o a Creech per gli effetti a lungo termine sulle proprie carriere.<sup>44</sup>

*Is an air force run by pilots who have spent years in combat and training the same as one dominated by gamers who are increasingly in demand because they are better at flying UAVs? After all, an institutional culture that reflects and reinforces high levels of professionalism and performance, such as that characterizing the U. S. military, is itself an important component of military effectiveness. Moreover, such cultures also create networks that knit together all components of a massive and quite internally differentiated organization. Such cultures shift unpredictably when expertise and command shifts from those who have been in combat environments to those who have important, but vastly different, cultures and expertise.<sup>45</sup>*

Se si considera che uno degli errori fondamentali della storia è la scarsa capacità dei leader di adattarsi ai cambiamenti, le forze armate statunitensi dovrebbero essere lodate per come hanno accolto e per come stanno supportando lo sviluppo della robotica. Tuttavia esiste un altro pericolo. Spesso, può succedere che dopo un'iniziale resistenza, ci possa essere per i leader la tendenza ad innamorarsi di questa propria concepita

---

<sup>44</sup> P.W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense , *Wired for War – The Robotic revolution and conflict in the 21<sup>st</sup> Century* – Gen. 2009

<sup>45</sup> Ibid.

rivoluzione tecnologica senza che effettivamente la sua esatta natura sia stata determinata o si sia manifestata. Esiste il rischio di pagare la prima mossa, ovvero l'investimento iniziale in una tecnologia (che i concorrenti possono mutuare a bassi costi), e di insistere nel sostenere il design primordiale alla base della prima ondata di tecnologia, che non è detto che si riveli vincente, che non è detto si riveli migliore. Le performance del passato non necessariamente sono indicative di quello che avverrà nel futuro.<sup>46</sup>

Tecnologie emergenti dunque, intese anche come prudenza o inclinazione verso l'innovazione.

Ma la ragione per cui tecnologie che potrebbero apparire così problematiche vengono invece sviluppate così rapidamente, probabilmente risiede nella necessità militari di lungo periodo che "hanno emergenza" di tecnologia e che difficilmente invertiranno la tendenza.

Studi sull'Augmented Cognition (AUGCOG), si basano sul fatto che in scenari operativi complessi l'essere umano è l'anello debole della catena e quindi è necessario sviluppare tecnologie che aumentino le capacità fisiche e cognitive umane. D'altronde la quantità di dati e informazioni da analizzare è molto oltre quella che la componente umana può processare in real time. La coscienza ed i sensi dell'uomo sono ormai componenti a banda stretta in sistemi informativi sempre più densi e complessi. Il risultato inevitabile è quindi costruire un sistema che in maniera più efficace possa eseguire alcune delle funzioni cognitive dell'uomo (e.g. VISIDENT di una minaccia, prioritizzazione delle minacce) prima di restituire le informazioni elaborate all'uomo, alleggerendo il peso della componente umana nel sistema. Lo spostamento dell'uomo dal ruolo di designer, a essere parte del disegno è molto profondo, con implicazioni che hanno appena cominciato ad essere riconosciute, molto meno comprese.

In generale, nei prossimi anni le Forze Armate, degli USA e degli altri Paesi sviluppati, dovranno fare i conti con la necessità di ridurre in maniera significativa il personale, con l'invecchiamento della popolazione, così come le grandi imprese private hanno fatto con la perdita della memoria storica della *boomer generation* della rivoluzione industriale del dopoguerra e della conoscenza che questi si sono portati appresso. Inoltre, dovranno sempre porsi come una scelta plausibile per quei giovani, appassionati di tecnologia ai quali le imprese private possono offrire compensi più lautissimi e più vantaggi (o almeno minori

---

<sup>46</sup> P.W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense, *Wired for War – The Robotic revolution and conflict in the 21<sup>st</sup> Century* – Gen. 2009

svantaggi, ad esempio non essere impiegati in teatri operativi). Ciò significa che i militari dovranno adottare le stesse strategie che già altri settori privati hanno adottato: a fronte di costi di lavoro più elevati e disponibilità del lavoro più bassa, sostituire il capitale al lavoro. Questo guiderà, ad esempio, lo sviluppo della robotica e di sistemi d'arma: più capacità possono essere delegate dall'essere umano alla macchina, maggiori capacità possono essere messe in campo. Questo suggerisce che sarebbe un grave errore per una qualunque nazione accettare qualsiasi accordo o codice internazionale che limiti l'impiego di sistemi autonomi.

Di contro la creazione di posti di lavoro spesso determina l'adozione di determinate tecnologie, influenza le scelte tecnologiche e il modo in cui queste vengono implementate, specialmente quando sono in discussione contratti per la Difesa molto importanti.

Un ulteriore fattore che supporta quella che può definirsi a tutti gli effetti “emergenza di tecnologie emergenti” è la drastica diminuzione di tolleranza da parte della società e dell'opinione pubblica per le vittime di guerra. Questo è particolarmente problematico per i paesi occidentali in cui ci si attende la capacità di proiettare al di fuori dei propri confini nazionali il potere del proprio paese, di contribuire al disegno internazionale comune, ma al contempo si è chiamati a farlo con il minimo numero di vittime.

Poco importa se i numeri sono ben inferiori rispetto a quelli delle Guerre Mondiali.

Oggi, viceversa, anche perdere un solo soldato in un giorno è – giustamente - fonte di problemi, di preoccupazioni, e conseguentemente di speculazioni per la società ed i governi. Proiettare la propria forza militare senza che vengano causate vittime per il proprio paese è forse il driver principale per adottare tecnologie che separano il soldato dal combattimento. Avvalersi di UAS che consentono di evitare l'esposizione dei militari a situazioni di combattimento diretto o di pericolo in ambienti contaminati o contestati è necessario, ma non riduce la domanda di organico, suggerendo che i robot autonomi sono ancora un'alta priorità.

Un altro driver fondamentale risiede, ancora una volta, nella necessità di prevedere come evolverà la tecnologia nei prossimi anni. Che è praticamente impossibile, il che significa che è necessario prepararsi a fronteggiare ogni potenziale minaccia. Se l'obiettivo è la difesa nazionale, questo implica che possa essere necessario supportare la ricerca di tutte le tecnologie emergenti, anche quelle considerate non etiche o illegali secondo le correnti

regolamentazioni: “...it is an inadequate response that you didn't think about a particular threat because you thought it was illegal if your mission is national defense”.<sup>47</sup>

L'emergenza di tecnologia c'è anche nell'ambito della competizione culturale e della supremazia sociale. Le nuove tecnologie agiscono anche come elemento differenziante tra grandi poteri e rispettive culture. È evidente che, nel passato, chi ha scelto di non sviluppare e implementare tecnologie, come la Cina nel 1400 e il Giappone con la polvere da sparo, è rimasto indietro. A ragione di questo, in un momento in cui l'evoluzione delle tecnologie è sempre più inferente in alcuni aspetti della natura umana come i sistemi cognitivi o le capacità fisiologiche, la leadership nelle tecnologie emergenti è fondamentale per acquisire un vantaggio culturale, elemento chiave per integrare le necessità militari con la società stessa. Anche un trascurabile aumento cognitivo, virtualmente impercettibile a livello individuale, può generare un vantaggio culturale se realizzato su tutta la società nel suo insieme. Al contrario, se una società respinge solo alcuni campi delle tecnologie emergenti, può trovarsi indietro a causa della natura stessa delle frontiere tecnologiche, integrata e condivisa. Non è chiaro come queste dinamiche potranno influire sulle società attuali. Negli Stati Uniti, ad esempio ci sono restrizioni su alcuni tipi di ricerca per motivi religiosi. Nell'Unione Europea alcune ricerche soprattutto nella genetica sono seriamente ostacolate. A differenza di altre grandi potenze, la leadership cinese è fortemente dominata da ingegneri, ma nel suo caso la libera circolazione di informazioni, input fondamentale per l'innovazione, è limitata.

L'emergenza c'è anche dal punto di vista industriale.

Per continuare a crescere, l'industria ha bisogno di continuare a proporsi e per farlo è necessario che la ricerca industriale venga finanziata. Certe tecnologie sono direttamente e immediatamente spendibili per impiego militare, altrimenti probabilmente non verrebbero sviluppate e sono tutte tecnologie esplorate per ragioni che emergono dalle previsioni di lungo termine dei militari. I driver fondamentali per lo sviluppo di UAS sono nella natura mutevole dei conflitti, nella struttura demografica, nell'attitudine culturale a non accettare certi livelli di perdite in combattimento. Questi driver difficilmente investiranno la rotta.

---

<sup>47</sup> Brad Allenby. Sch. of Sustainable Eng. & the Built Environ., Arizona State Univ., *Emerging Technologies, Military Operations, and National Security: Fundamental Drivers for Development and Deployment of Radical Technologies*, 2011 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)

## 2.5. Gli orizzonti della tecnologia

Nella recente pubblicazione "Technology Horizons", lo USAF Air Force Research Laboratory (AFRL) ha condotto un'analisi sulle nuove tecnologie e su come le nuove tendenze possano influenzare la missione della Forza Armata.

Lo studio indica che solo per il tramite dello sviluppo di sistemi autonomi, e tecnologie di autonomia sarà possibile incrementare le capacità operative e l'efficienza del personale, diminuendo la necessità di ricorrere all'essere umano e quindi tagliando i costi.<sup>48</sup>

Lo sviluppo della robotica e del concetto di autonomia è centrale per lo sviluppo degli UAS, e va esteso alla ristrutturazione dei processi di pianificazione e di decision making process per acquisire vantaggio rispetto a quei Paesi che si affidano ancora alle prestazioni umane per questi settori. Il solo vantaggio temporale rappresenta un significativo vantaggio capacitivo.

Nel prossimo decennio, la scienza aeronautica e gli sviluppi tecnologici dovranno essere focalizzati tanto sulla promozione di nuove tecnologie e conseguentemente delle nuove capacità operative che da esse derivano, quanto sulle tecnologie di supporto che consentano di ridurre i costi di manodopera, la domanda di energia, l'engineering sustainment di questi nuovi sistemi, di compensare i tagli al personale. Al riguardo, basti pensare che il personale in servizio attivo della USAF nel 2008 era pari a circa il 64% di quanto non fosse nel 1991 ai tempi della Guerra del Golfo<sup>49</sup>. Fino ad oggi, la ricerca specificamente diretta ad aumentare l'efficienza della forza lavoro o a ridurre la necessità di forza lavoro ha ricevuto un'attenzione notevolmente minore.

Sebbene l'essere umano oggi rimanga complessivamente più capace della macchina, le distanze si stanno accorciando fino ad un inevitabile mismatch dovuto all'enorme volume di dati che gli analisti devono processare, che sta diventando insostenibile, alle capacità di processing, alle velocità decisionali che la tecnologia offre e richiede, tanto che il documento conclude che entro il 2030 la tecnologia avrà raggiunto il punto in cui gli esseri umani saranno l'anello debole del sistema.<sup>49</sup>

---

<sup>48</sup> Air Force Research Laboratory, - *Technology Horizons: A Vision for Air Force Science & Technology During 2010-2030* – Mag. 2010 *Two key areas in which significant advances are possible in the next decade with properly focused Air Force investment are: (i) increased use of autonomy and autonomous systems, and (ii) augmentation of human performance; both can achieve capability increases and cost savings via increased manpower efficiencies and reduced manpower needs.*

<sup>49</sup> 2008 USAF Almanac , *The Air Force – Facts and Figures*, AIR FORCE Magazine - Mag. 2008

*"We will be making greater use of autonomous systems, reasoning and processes in almost everything the Air Force does. This is not only in terms of increasing and enhancing remote-piloted aircraft, but in developing new ways of letting systems learn about their situations to decide how they can adapt to best meet the operator's intent... We are beginning to be able to couple humans and machines in ways that were unthinkable 10 years ago".* Dr. Werner J.A. Dahm, U.S. Air Force Research Laboratory Centre(AFRL) Chief Scientist <sup>50</sup>

Le capacità cognitive di un umano forniscono la capacità di usare la ragione, di esprimere giudizi, di reagire ad ogni tipo di situazione. Usare l'esperienza, usare l'intuito consente a un essere umano di agire in maniera quasi istantanea e decisiva in situazioni di warfare dinamiche, complesse e spesso caotiche. E' molto comune il pensiero che nei prossimi vent'anni i sistemi di calcolo avranno la capacità di processare informazioni e prendere decisioni simili a quelle umane. Queste capacità, se raggiunte, saranno indispensabili ad un UAS, per operare in completa autonomia; i mission computer dovranno competere con la velocità, la memoria, i pattern cognitivi del cervello umano.

Simulare la mente umana per raggiungere un obiettivo, è un tema che da sempre coinvolge le scienze cognitive e l'intelligenza artificiale.

Le scienze cognitive sono una materia interdisciplinare che collega la psicologia, la linguistica, l'antropologia, la filosofia, le neuroscienze, la sociologia e le scienze dell'apprendimento<sup>51</sup>. L'intelligenza artificiale è la branca della Computer Science che mira a simulare e modellare i processi cognitivi dell'essere umano. L'intelligenza artificiale ha il compito di studiare e modellare la mente umana, cercando di simularne l'intelligenza e tentando di implementarne gli aspetti cognitivi nei *computer programs*.<sup>52</sup> L'obiettivo ultimo dell'intelligenza artificiale applicata alle scienze cognitive sarebbe sviluppare una macchina che abbia un livello di intelligenza uguale a quello umano, una sfida nota come test di Turing<sup>53</sup> ([Fig. 8](#))

---

<sup>50</sup> The official Website of USAF, Air Force's 'Technology Horizons' makes science fiction a reality – Lug. 2010, <http://www.af.mil/news/story.asp?id=123213717>

<sup>51</sup> P. Thagard, *Cognitive Science*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2008 Edition), Edward N. Zalta - 2009

<sup>52</sup> S. Luber, *Cognitive Science Artificial Intelligence: Simulating the Human Mind to Achieve Goals* IEEE University of Michigan Ann Arbor, U.S.A. - 2011

<sup>53</sup> Alan M. Turing, *Computing machinery and intelligence*, in *Mind*, 59, pp. 433-460, 1950

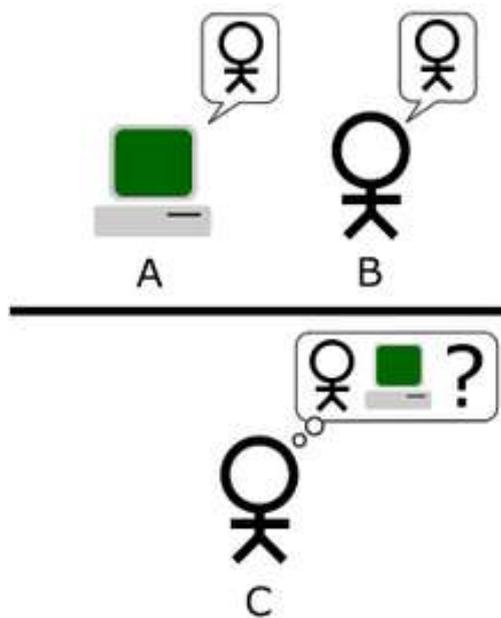


Fig. 8 – Test di Turing<sup>54</sup>



Fig. 9 – Tecnologie per aumentare le human performance<sup>55</sup>

<sup>54</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Turing\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test)

<sup>55</sup> Air Force Research Laboratory, - *Technology Horizons: A Vision for Air Force Science & Technology During 2010-2030* – Mag. 2010

Quali sono le difficoltà.

Sintetizzare tutte le possibili situazioni che possono venire a crearsi nel mondo reale è impossibile, e quindi è altrettanto impossibile progettare un agente che sia in grado di affrontarle, solo in virtù di una sua pre-programmazione. Un intelligent agent, un UAS, deve essere equipaggiato con una capacità di prendere decisioni che, a partire dalla storia precedente, ovvero dalla esperienza pregressa, dalle decisioni passate, utilizzi le informazioni del momento per migliorarle. Per questo motivo, per progettare un agente intelligente che abbia un livello di intelligenza simile a quello umano, è necessario comprendere come la mente umana è in grado di imparare e di risolvere problemi. “Mantenere memoria di eventi passati non solo rende possibile prendere decisioni corrette, ma anche imparare a prenderle”<sup>56</sup>. Ma mantenere la conoscenza dell'esperienza pregressa non basta, “la creatività è una dote degli esseri umani che li rende unici nel pensare, inferire, risolvere problemi, sviluppare dei prodotti”.<sup>57</sup> Nella sua definizione formale la creatività è divisa in tre categorie: astratta, concreta e artistica. La creatività concreta è quella che maggiormente si presta alle applicazioni ingegneristiche, come capacità di trovare soluzioni innovative per situazioni che abbiano condizioni al contorno ed obiettivi chiari e definiti.<sup>58</sup> Sarà infine necessario simulare la razionalità: come un essere umano pesa i pro e i contro di una decisione, significa derivare la distribuzione di probabilità dell'utilità che si ricaverebbe da ogni singolo percorso decisionale.<sup>59</sup>

In scenari così instabili, incerti, complessi e ambigui come quelli dei conflitti del XXI secolo, le capacità intrinseche, innate, razionali, istintive dell'uomo, la sua esperienza, le sue capacità cognitive, l'intuito, rendono l'uomo, all'interno di un cockpit o di una ground station, in grado di riconoscere un amico da un nemico, di evitare una collisione aerea, di dire che è un target è valido, di distinguere un target nemico da un luogo di culto da una scuola, di operare a supporto di truppe a terra in prossimità del territorio nemico, in situazioni in cui prendere decisioni cruciali è fondamentale.

---

<sup>56</sup> J.E. Laird, Y. Wang, *The Importance of Action History in Decision Making and Reinforcement Learning* - Proceedings of the Eighth International Conference on Cognitive Modeling. Ann Arbor, MI - 2007

<sup>57</sup> L. Zadeh, *On Cognitive Foundations of Creativity and the Cognitive Process of Creation* - Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Cognitive Informatics, Stanford University, California, USA - 2008

<sup>58</sup> Ibid.

<sup>59</sup> M. Latek, S.M. Mussavi Rizi, *Plan, replan and plan to replan algorithms for robust courses of action under strategic uncertainty* BRIMS Charleston, SC, USA – Mar. 2010

Queste capacità decisionali dovranno essere a bordo di un UA che, nel contempo, dovrà essere in grado di portare a termine un certo tipo di missione mentre è soggetto a spoofing o a jamming nemico.

Sono in corso di sperimentazione sensori per l'interpretazione delle onde cerebrali utili ad esempio per localizzare, interpretare e caratterizzare da un punto di vista neurosensoriale le reazioni umane nell'analizzare e localizzare una minaccia all'interno di uno stream video. L'integrazione di queste capacità, che potrebbero sembrare bizzarre, ma sono tecnologicamente credibili, porterà a dinamiche in cui l'essere umano e la macchina saranno quasi inseparabili. E anche se queste tecnologie fossero state pronte 50 anni fa, continua il Dr. Dahm del Air Force Research Laboratory Centre , l'essere umano non sarebbe stato ancora pronto. Oggi lo sono, sia le tecnologie che l'essere umano contemporaneo.

Gli esseri umani e le macchine dovranno lavorare sempre più a stretto contatto attraverso nuovi tipi di interfacce volte ad aumentare le prestazioni umane ([Fig. 9](#)). Non si escludono l'utilizzo di farmaci o di impianti per migliorare la memoria, la prontezza, e l'efficacia dei processi cognitivi.

*Augmentation may come from increased use of autonomous systems, interfaces for more intuitive and close coupling of humans and automated systems, and direct augmentation of humans via drugs or implants to improve memory, alertness, cognition, or visual/aural acuity, as well as screening for speciality codes based on brainwave patterns or genetic correlators.<sup>60</sup>*

Un pilota, oggi, ha una elevata capacità nel porre rimedio a determinate situazioni, ben più di quanto non possa fare un UAS totalmente computer driven. Simulare la mente umana, significherà simulare la razionalità, la creatività, la capacità di un essere umano di attingere alla propria o altrui esperienza per fronteggiare situazioni operative complesse e variabili che, un giorno, potrebbero forse essere completamente alla portata di un UAS.

Aumentare l'autonomia e l'automazione consentirebbe di aumentare il numero di piattaforme e quindi il numero di missioni pur mantenendo i numeri del personale verso il basso. Ad esempio, la tecnologia di controllo multi-aircraft (Multi Aircraft Control, MAC) consente ad un solo pilota di gestire UAV diversi. Attualmente 570 piloti degli USA sono

---

<sup>60</sup> Ibid. 35

impiegati per gestire 50 orbite UAV (CAPs, Combat Air Patrols). L'introduzione di queste nuove tecnologie potrebbe ridurre questo numero a 150 piloti<sup>61</sup> ([Fig. 10](#)). In ultima analisi, robuste capacità di autonomia possono consentire al sistema di portare a termine la propria missione solo con un minimo contributo di supervisione da parte dell'operatore.

E' qui che il ruolo dell'essere umano è trasformato: la funzione di supervisore implica che l'interazione umana con il sistema in volo è intermittente, di alto livello basata sulla conoscenza dei processi cognitivi come giudizio ed esperienza, rispetto al controllo manuale che avviene attraverso le abilità umane di manipolazione diretta dei velivoli, ad esempio con HOTAS e rudder. Con la tecnologia di Multi Aircraft Control il pilota comincerà a passare da in-the-loop a on-the-loop.

Poi arriveranno i sistemi autonomi.

Ma cos'è un sistema autonomo, quali sono le differenze rispetto ad un sistema automatico? Esistono diversi gradi di autonomia?

---

<sup>61</sup> Col. J.R. Gear, USAF - *USAF RPA Update – Looking to the future* – Giu. 2011

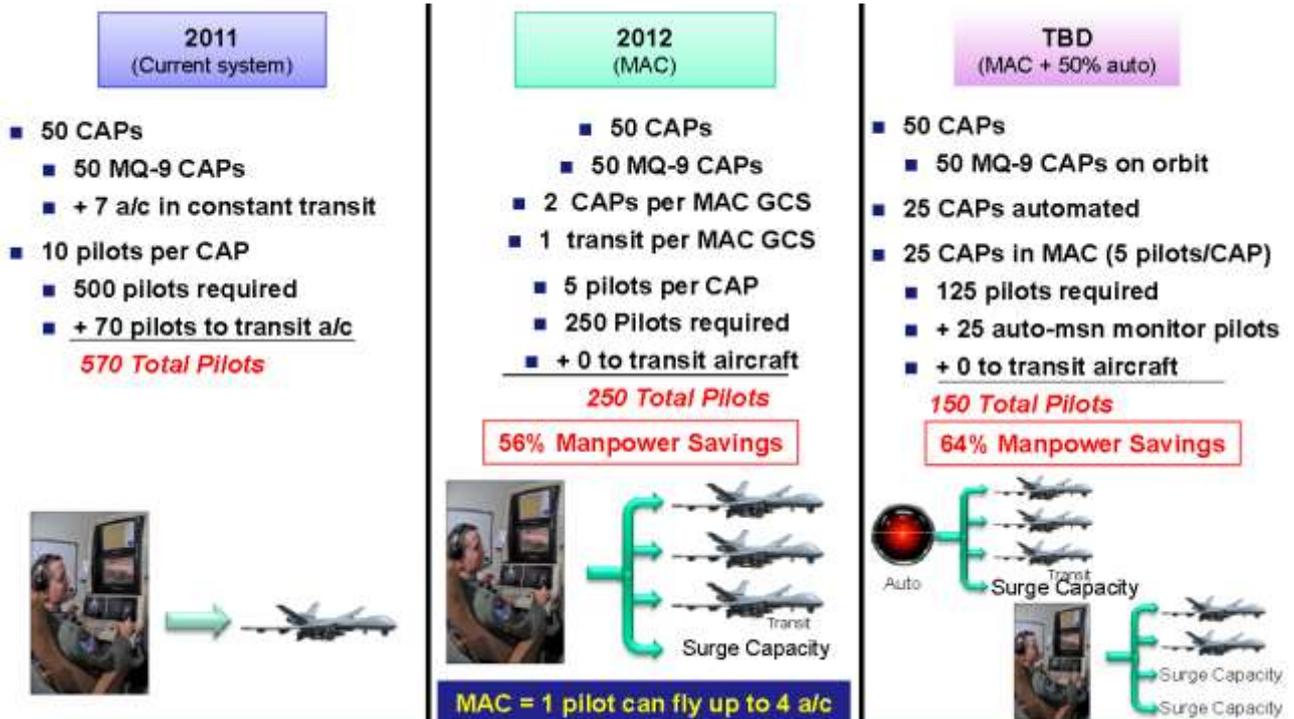


Fig. 10 – Multi Aircraft Control<sup>62</sup>

<sup>62</sup> USAF RPA Update, *Looking to the Future* - June 2011

## 2.6. L'autonomia

Un sistema automatico, in risposta a degli input provenienti da uno o più dei suoi sensori, è programmato per seguire logicamente un insieme predefinito di regole al fine di fornire un risultato. Automatico era *Deep Blue*, il computer dell'IBM che, in quello che è stato definito il più grande evento di scacchi di tutti i tempi, riuscì a battere 3½ a 2½ il campione del mondo di scacchi Garri Kasparov nel 1997 ([Fig. 11](#)), dopo essere stato battuto nella prima sfida. Gli scacchi sono l'applicazione ludica della logica sequenziale: se si conoscono le regole secondo le quali un sistema automatico opera, si calcolano tutte le sue possibili mosse e quindi il suo output è prevedibile.<sup>63</sup>

Se per assurdo ipotizzassimo che in due partite di scacchi diverse, i pezzi avessero la stessa posizione sulla scacchiera, un sistema automatico tenderebbe sempre a prendere la stessa decisione e a fare la stessa mossa. Un sistema autonomo no. Un sistema autonomo è un sistema capace di avere una propria comprensione e percezione dell'ambiente, grazie alle quali è in grado di prendere da solo delle decisioni, con una propria "volontà", "scegliendo" tra più alternative, "valutando" l'imponderabile, senza dipendere dalla supervisione umana, anche se questa può essere ancora presente. Sebbene complessivamente l'insieme delle azioni di un sistema autonomo è prevedibile, poiché questi sistemi sono essenzialmente *goal oriented*, ovvero vengono impiegati sempre per raggiungere un obiettivo specifico, non è possibile prevederne le azioni individuali che porteranno al raggiungimento dell'obiettivo finale.

La differenza tra un sistema autonomo ed uno automatico la fa inoltre l'ambiente: se l'ambiente è parzialmente conosciuto, incerto, cangiante, un sistema autonomo è in grado di "ricordare" gli oggetti, attribuirne un valore, manipolarli, "decidere" se compiere o non compiere una determinata azione, è in grado di "pensare", "pianificare" ed "immaginare".<sup>64</sup>

E così negli anni *Deep Blue* si è evoluto diventando *Watson*: concepito sempre dalla IBM, è in grado di rispondere a domande aperte tanto da vincere il popolare quiz televisivo americano *Jeopardy!*, gareggiando contro due campioni del programma ([Fig. 12](#)).

In questo caso non parliamo di logica sequenziale applicata agli scacchi, né di motori di ricerca stile Google che in una frazione di secondo sono in grado di proporre centinaia di migliaia di risultati tra cui poi è necessario comunque effettuare una scelta: in questo caso

---

<sup>63</sup> S. Pradeesh Hosea, V. Harikrishnan, K. Rajkumar, Department of Computer Science KSR College of Arts and Science, Tiruchengode India – *Artificial Intelligence* - 2011

<sup>64</sup> J. G. Taylor, Member, IEEE, Fellow, *A Roadmap for Autonomous Adaptive Systems: The Brain-Guided Attention (BGA) System* - 2010

si parla di enormi progressi raggiunti nella ricerca algoritmica nel campo dell'analisi linguistica necessari per comprendere ed interpretare le stesse domande aperte rivolte a dei concorrenti umani, e sintetizzare la risposta corretta. Watson sì, ha vinto. Ma ci sono stati dei *minimi locali* dei suoi algoritmi che lo hanno portato a dare risposte bizzarre, ove era necessario interpretare il significato implicito di alcune domande, evidenziando limiti nelle aree in cui l'intuito e le capacità cognitive dell'uomo sono inarrivabili, a prescindere dai risultati di un quiz televisivo.<sup>65</sup>

In materia di UAS, l'AFRL, con dieci Autonomous Control Levels (ACL), ha definito un modello molto raffinato di metrica, comunemente adottato come standard per classificare il livello di autonomia di un UAS ([Fig. 13](#))<sup>66</sup>. Al livello 1 ci sono i velivoli a pilotaggio remoto. Si parte dunque da livelli base di autonomia in virtù dei quali un UAS si basa sul comando e controllo delle operazioni da parte di un agente esterno, è in grado di eseguire missioni prepianificate (livello 2) o al più, dato un evento, l'UAS "automaticamente" è in grado di agire entro limiti predefiniti e seguendo dei modelli dinamici assegnati del tipo *if...then...else* (livello 3). Si sale verso i livelli intermedi attraverso un gradiente incrementale di *self governance* per svolgere le funzioni di flight mission planning, di fault detection, diagnosis ed isolation, di path following, di decollo e atterraggio, di gestione dei sensori, di dynamic replanning, di teaming con altri sistemi, di predizione dell'evoluzione delle ostilità. Al livello 10, il livello più sofisticato di autonomia, ci sono i sistemi fully autonomous, con una propria capacità decisionale, in grado di interoperare da soli con altri sistemi in modo da avere completa Situational Awareness (SA) di scenario, piena indipendenza per affrontare situazioni inattese ed "imparare" da queste.

---

<sup>65</sup> "The answer was, "Its largest airport was named for a World War II hero; its second largest, for a World War II battle." Both Jennings and Rutter got the correct question— "What is Chicago?"— while Watson put down "What is Toronto???" Dr. Chris Welty, a member of Watson's algorithms team who worked on the algorithms during Watson's development, said that the phrasing of the question demonstrated again Watson's difficulty with implicit meanings and how quickly it can become tough for the computer to sort out what type of question the answer is looking for. "If you change the question to 'This US City's largest airport...', Watson gets the right answer," Welty said Watson was also confused by the second clause of the answer, "its second largest, for a World War II battle," because it can't understand context. It's obvious to humans based on phrasing that the second part of the answer is also referring to an airport, but Watson is unable to parse implicit information."

<sup>66</sup> B.T. Clough, Air Force Research Laboratory Wright-Patterson AFB, *Metrics, Schemetrics! How The Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?* – Ago. 2002



Fig. 11 – Kasparov vs. Deep Blue<sup>67</sup>



Fig. 12 – Watson a Jeopardy!<sup>68</sup>



Fig. 13 – Gli Autonomous Control Level del AFRL<sup>69</sup>

<sup>67</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Deep\\_Blue\\_versus\\_Garry\\_Kasparov](http://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue_versus_Garry_Kasparov)

<sup>68</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Watson\\_\(computer\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Watson_(computer))

<sup>69</sup> B.T. Clough, Air Force Research Laboratory Wright-Patterson AFB, *Metrics, Schemetrics! How The Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?* – Ago. 2002

*“Autonomous systems will, in effect, be self-aware and their response to inputs indistinguishable from, or even superior to, that of a manned aircraft. As such, they must be capable of achieving the same level of situational understanding as a human.”<sup>70</sup>*

La letteratura in materia di UAS autonomi è molto ricca. Tuttavia, seguendo le raccomandazioni di modularità e scalabilità dello USAF Flight Plan, e volendo prefigurare da un punto di vista architetturale, ad alto livello di dettaglio, come potrebbe essere organizzato un sistema totalmente autonomo, è possibile immaginare l’esistenza dei seguenti “blocchi”<sup>71</sup> ([Fig. 14](#)):

- un *modulo di sensor manager*, in grado di monitorare il funzionamento del payload di bordo, selezionare ed assegnare un sensore mediante cross sensor cueing per il tracciamento di un bersaglio.
- un *mission goal manager*, che potrebbe essere in grado di “valutare” la validità degli obiettivi di missione, aggiornarli o ridefinirli ride along mentre collabora con altre piattaforme aeree o altri sistemi.
- un *signal and data processing manager* che, mediante algoritmi di *sensors data fusion*, potrebbe avere il compito di elaborare le informazioni fornite da sorgenti eterogenee diverse, comprese eventualmente anche quelle provenienti dai comandi di un operatore esterno o da altri sistemi, “ragionare” sulla loro solidità e applicabilità nel contesto della missione, e trasformarli in informazioni appropriate utilizzabili da altri sottosistemi per “prendere decisioni” di alto livello (e.g. target assessment, target sorting, shooting, etc.).
- un *fault detection and identification manager*, per il controllo dello stato interno del sistema;
- un *situation awareness manager*, responsabile di mantenere aggiornata la rappresentazione del mondo esterno in cui l’UAS sta operando.

Come collaborano e interagiscono questi sottosistemi? Generalmente secondo architetture multilivello matriciali oppure gerarchiche: nel secondo caso, al livello più alto, detto *organizzativo*, possono aver luogo, tra gli altri, i processi di *situation assessment* e

---

<sup>70</sup> UK Ministry of Defence, *Joint doctrine note 3/10 Unmanned Aircraft Systems: terminology, definitions and classification* – Mag. 2010

<sup>71</sup> I. Panella, Bio-inspired, Learning and Intelligent Systems for Security, Thales UK, *Artificial intelligence methodologies applicable to support the decision-making capability on board Unmanned Aerial Vehicles* - 2009

*decision making* anche attraverso le informazioni provenienti dalla remote station, con cui interagisce direttamente; ad un livello intermedio di coordinamento, sulla base degli input del livello organizzativo verrebbe eseguita la *sensor fusion* o ripianificata una traiettoria di volo, al livello esecutivo verrebbero eseguite le funzioni di basso livello come muovere le superfici di governo o controllare i parametri cinematici di volo. Le informazioni relative all'ambiente esterno sono trasversali e fornite a ciascuno di questi strati, elaborate e rappresentate secondo il livello di dettaglio necessario. Modelli di questo tipo vengono detti IPDI, *Increasing Precision with Decreasing Intelligence*: al livello esecutivo, a cui sono devoluti gli algoritmi di controllo, è richiesta maggiore precisione di esecuzione; al livello organizzativo vengono svolte funzioni di alto livello per il mission management e il mission accomplishment, quindi a questo è associata una maggiore "intelligenza"<sup>72</sup>.

Per essere pienamente autonomo, un UAS deve essere auto programmato per decollare, deve "pianificare" una sequenza di waypoint e volare verso un'area designata per le operazioni; deve raccogliere, "analizzare" i dati e sulla base del dominio di conoscenza disponibile deve essere in grado di "predire" e proiettare nell'immediato futuro le conseguenze di determinate situazioni e delle stesse proprie azioni; deve saper "analizzare" i rischi, e "ripianificare" da solo la propria rotta se rileva una minaccia pop up; deve essere in grado di "classificare" i target, assegnarne una priorità e "decidere" se è in grado di condurre un attacco o di difendersi da un attacco; deve "ottimizzare" le proprie risorse e "ritornare" alla base senza l'assistenza di agenti esterni e senza bisogno dell'intervento umano.

Interpretare, predire, pianificare, ottimizzare, decidere sono tutte aree esplorate e in corso di esplorazione dall'Intelligenza Artificiale, vista come la naturale evoluzione della tradizionale teoria dei controlli. Le reti neurali, gli algoritmi genetici, la logica fuzzy, i knowledge based system, i case base reasoning, il reinforcement learning sono alcune delle tecniche necessarie per implementare a bordo di un UAS queste capacità. La USAF postula che lo stadio finale nella loro visione a lungo termine sia lo sviluppo di una capacità di completa autonomia, dalla manutenzione automatizzata all'ingaggio autonomo di target. Rispetto alla scala ACL, ad oggi si è ancora agli entry level: il Predator ed il Global Hawk sono solo collocati tra il livello 2 ed il livello 3. Il Joint Unmanned Combat Air System (J-UCAS) finanziato dalla Defense Advanced Research Projects Agency avrebbe dovuto raggiungere il livello 7 nel 2015, se non fosse stato abbandonato nel 2006.

---

<sup>72</sup> Chen, Wang, Li, College of Automation Northwestern Polytechnical University Xi'an China, IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, *A survey of Autonomous Control for UAV* - 2009

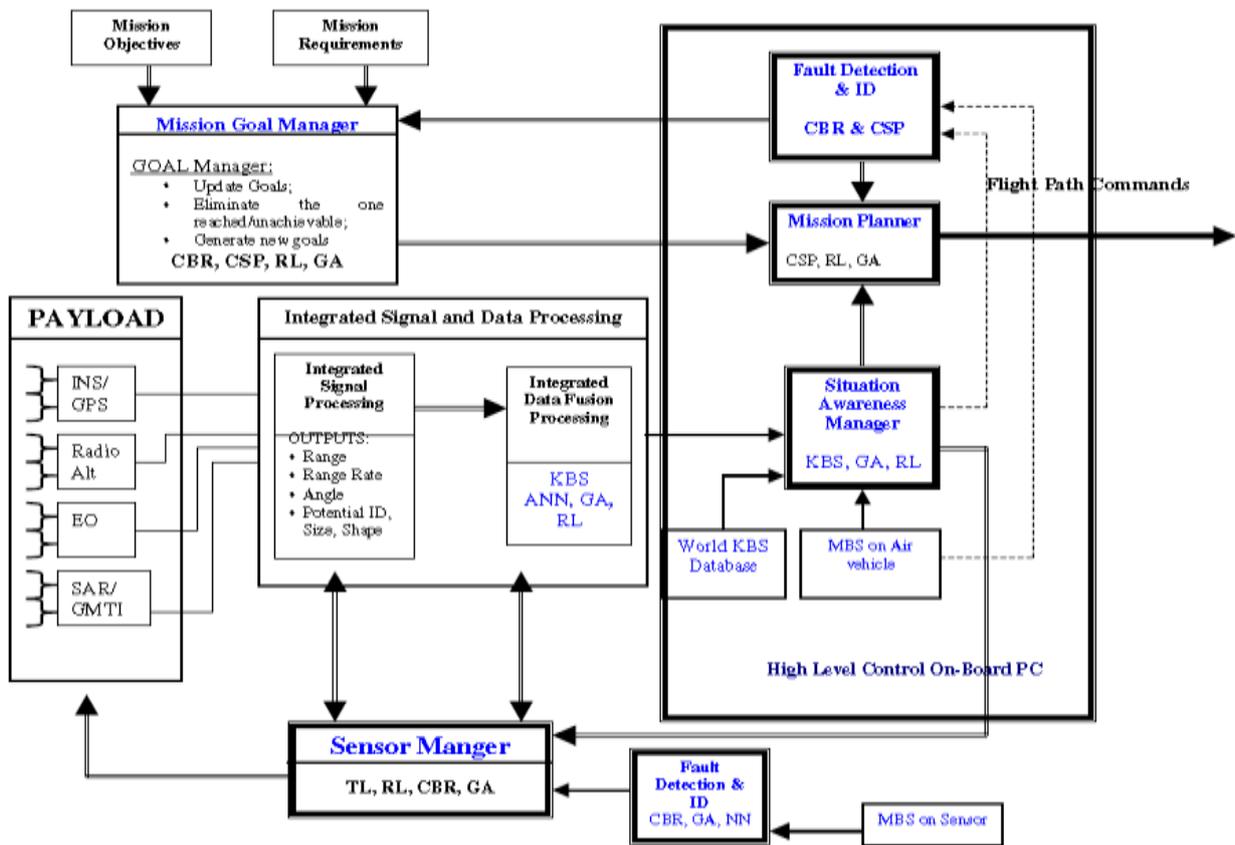


Fig. 14 – Un esempio di architettura di un UAS autonomo<sup>73</sup>

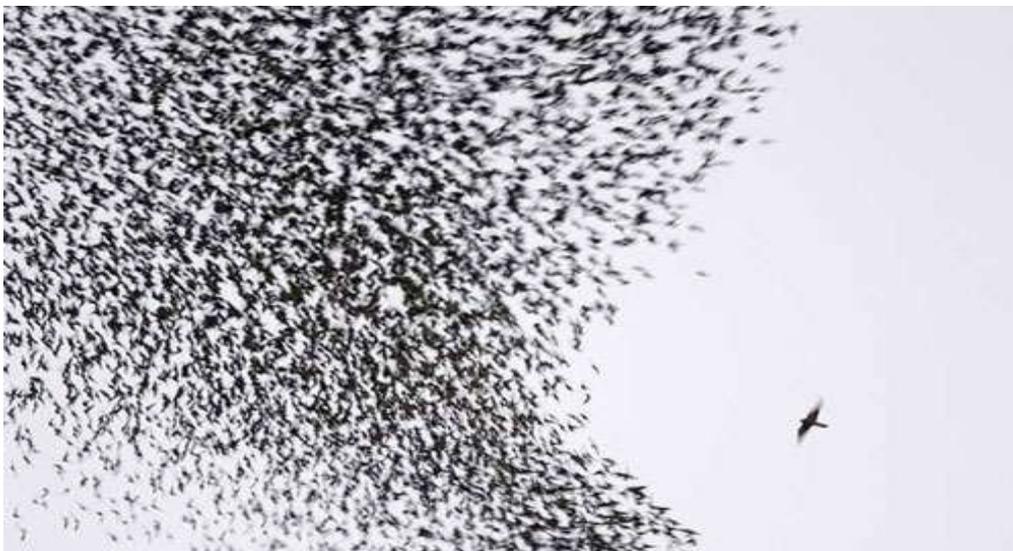


Fig. 15 – Teoria dello swarming e ispirazione biologica<sup>74</sup>

<sup>73</sup> I. Panella, Bio-inspired, Learning and Intelligent Systems for Security, Thales UK, *Artificial intelligence methodologies applicable to support the decision-making capability on board Unmanned Aerial Vehicles* - 2009

<sup>74</sup> <http://www.amazingonly.com/amazing/swarming-theory-cool-photos/>

Nella scala ACL, la capacità di *swarming* porta effettivamente lo stesso UAS dal livello 2 al livello 6. Letteralmente *swarming* potrebbe essere tradotto come “agire in sciame”.

Sistemi che hanno capacità limitate, interagendo, creano sciami che risolvono problemi molto complessi, grazie alla loro organizzazione spontanea. La cosiddetta *swarm intelligence* sta dando origine ad una nuova generazione di UAS. Diversi sono i lavori prodotti nel campo della *swarm intelligence*, volti a comprendere e modellare gli sciami: agire in sciami può fare la differenza.

## 2.7. *Swarming*<sup>75</sup> e “Loyal wingman”

Lo *swarming* ha una sua base biologica: le api, le formiche e molti altri organismi hanno l'abilità di cooperare in maniera coordinata, sotto forma di sciame o stormo, per la ricerca di cibo, nel contempo evitando i predatori o altri rischi ([Fig. 15](#)). Gli stormi, quando avvistano un falco o uno sparviero, loro predatori, si stringono assieme per impedire che il cacciatore possa isolarne uno o catturarlo. Non si tratta di un comportamento altruistico: c'è una innata auto-organizzazione, non c'è nessuno che impartisce un ordine, ognuno cerca di chiudersi nel gruppo per proteggersi, correndo meno rischi. Il comando è in mano a tutti e a nessuno: i cambi di direzione o di strategia iniziano con il movimento brusco di uno qualsiasi o di pochi componenti (non del capo, che manca). Gli altri vengono nello sciame appunto, che ha il potere di travolgere anche il nemico più forte.<sup>76</sup>

La base biologica, in quanto tale, riguarda tutti, nessuno escluso, nemmeno l'essere umano. Gli umani a differenza delle api o dei pesci, possono collegarsi tra loro indipendentemente dalla distanza ed alla velocità della luce: questo spiegherebbe l'effetto-branco avvenuto anche per i referendum italiani del 13 giugno 2011. Alcuni sostenitori del voto hanno affermato l'importanza di andare alle urne di mattina presto. La diffusione dei dati di affluenza a mezzogiorno avrebbe spinto gli indecisi ad andare a votare.

Questa azione ha avuto effetto sul risultato finale? Difficile dirlo. Resta però un dato certo: era dal 1995 che non si raggiungeva il quorum, e per comunicare l'iniziativa hanno postato

---

<sup>75</sup> Marco Sabatini - Ce.Mi.S.S. 2009 : Sciami di veicoli: tracking, guida, controllo e navigazione.

[http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti\\_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2010-02/Pagine/Sciami\\_di\\_veicoli\\_tracking\\_g\\_11060navigazione.aspx](http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2010-02/Pagine/Sciami_di_veicoli_tracking_g_11060navigazione.aspx)

<sup>76</sup> R. Cervo, S. Turillazzi, Università degli Studi di Firenze, *Insetti interattivi* - 2002

su Facebook, creato gruppi, inviato Tweet.<sup>77</sup> Infine la tecnologia, quella di tutti i giorni: BitTorrent, uno dei più popolari protocolli Peer-to-Peer (P2P) non è forse una tecnica di swarming per la condivisione ed il download di file su Internet?<sup>78</sup>

La Particle Swarm Optimization, ottimizzazione di una parte dello sciame, è un algoritmo di ottimizzazione concepito nel 1995 dal sociologo USA James Kennedy e da Russell Eberhart, docente di Ingegneria informatica all'Università Purdue di Indianapolis, che trae ispirazione proprio dai comportamenti sociali degli uccelli negli stormi e dei pesci in banchi. Assegnato un problema allo sciame, ogni particella sfrutta la propria esperienza e l'esperienza delle particelle immediatamente vicine per scegliere come muoversi nello spazio di ricerca. Ad ogni iterazione dell'algoritmo, ogni particella si muove con una velocità che è una somma pesata di tre componenti: la velocità all'iterazione precedente, la velocità che spinge la particella verso la posizione nello spazio di ricerca in cui essa stessa ha trovato la soluzione migliore al problema, la velocità che spinge la particella verso la posizione dello spazio di ricerca in cui le particelle vicine hanno trovato la soluzione migliore fino a quel momento. Come in tutti questi algoritmi c'è una funzione di fitness che ricerca un ottimo locale: se la nuova soluzione è ottima, è registrata dal gruppo come valida e conseguentemente memorizzata<sup>79</sup>. Può sembrare molto difficile, ma l'algoritmo modella proprio il comportamento dei pesci: se uno trova il cibo, si scaglia verso di questo, aumentando la propria velocità, e tutto il banco lo segue.

Tornando agli UAS, agire in sciame consente di risolvere i problemi che non sono accessibili al singolo UAS.

Questi sono i vantaggi:

- Efficienza computazionale: le disponibilità di più processori in uno sciame riduce il carico computazionale.
- Affidabilità e robustezza: la ridondanza intrinseca nell'utilizzare un grande numero di UA, nonché la semplicità di ogni singolo UA consente di perseguire le operazioni in gruppo, non solo condividendo dati provenienti da un maggior numero di sorgenti, ma a dispetto del fallimento di un singolo robot non esiste un singolo

---

<sup>77</sup> C. Dagradi, M. Ferrari, *Gli sciame umani* - 2011

<sup>78</sup> Jianming Lv, Xueqi Cheng et al., *LiveBT: Providing Video-on-Demand Streaming Service over BitTorrent Systems* - 2007

<sup>79</sup> J.Kennedy, R. Eberhart, Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks. IV. pp. 1942–1948, *Particle Swarm Optimization* - 1995

punto di rottura per il sistema. Sono robusti nel senso che se qualcuno fallisce, o viene distrutto o ingannato, lo sciame continua ad eseguire il task per raggiungere il proprio obiettivo.

- Scalabilità: UA possono essere aggiunti o rimossi dallo sciame entro limiti definiti senza necessità di ricorrere a cambiamenti o susseguenti riprogrammazioni.
- Auto organizzazione: uno sciame non necessita di un leader o di un piano globale precedentemente pianificato, il controllo è distribuito e decentralizzato. Lo sciame raggiunge il suo obiettivo attraverso l'interazione di tutto il gruppo. E così diventano più efficaci, perché in gruppo fanno meglio di quanto potrebbero facendo da soli.
- Longevità: muoversi in sciami fornisce molte più probabilità di sopravvivere di un singolo organismo, se vengono impiegati più agenti quasi certamente sopravvivranno rispetto a un singolo agente.
- Low cost: l'obiettivo di gruppo è raggiunto attraverso UA governati da regole semplici. Design semplici richiedono meno hardware e si prestano meglio per la produzione di massa.<sup>80</sup> Come il programma della Rand Corporation PRAWNS (PRoliferated Autonomous WeapoNS) in cui piuttosto che avere un solo, e magari costoso, sistema in grado di fare tutto, si decide di frazionare il task di una missione tra una varietà di robot più piccoli, più economici, ma più specializzati, similmente ad uno sciame di formiche al lavoro che trasportano informazione al posto del cibo.<sup>81</sup>

Esistono studi che riguardano il comportamento coordinato e cooperativo di uno sciame e di un umano, assunto come centro di gravità dello sciame stesso.<sup>82</sup> Studi in cui Micro Aerial Vehicles sono lanciati da un SUAS, per la ricerca di target in contesti urbani o metropolitani ([Fig. 16](#)).<sup>83</sup> Il concetto di mothership - nave madre non è limitato al mare: è possibile pensare ad aerei cargo come portaerei airborne che possano non solo lanciare UA dalla propria baia di carico, ma anche recuperarli in aria. In uno scenario futuristico, è possibile anche immaginare un velivolo Eurofighter o un F-35 che per proprio *loyal wingman* abbia uno sciame di UA, controllato via DVI (Direct Voice Input). O che lo stesso

---

<sup>80</sup> Yan-fei Zhu, Xiong-min Tang, International Conference on Computer Application and System Modeling, *Overview of swarm intelligence* – 2010, pg. 1

<sup>81</sup> D. R. Frelinger, J. Kvitky, W. Stanley, *Proliferated Autonomous Weapons: An Example of Cooperative Behavior* - 1998

<sup>82</sup> H. Hashimoto, Shinichi Aso et al., Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, *Cooperative movement of human and swarm robot maintaining stability of swarm* - 2008

<sup>83</sup> Tal Shima, S. Rasmussen, IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, VOL. 15, NO. 4, *Assigning Micro UAVs to Task Tours in an Urban Terrain* - 2007

sciame autonomamente elegga il loyal wingman più adatto allo svolgimento di una particolare missione.

*“One particular A-10 pilot described his relationship with his wingmen as one of trust and loyalty. They trained together, they worked together, and they fought together, and thus a UAV could never replace a human wingman”.*

A prescindere dall'impatto emozionale di avere come wingman un UA, anche con questo assetto eterogeneo di piattaforme manned e di sciame di unmanned con un elevato grado di autonomia, emerge nuovamente il problema di fino a che punto fidarsi delle “decisioni” di un UAS, e che queste debbano essere solo raccomandazioni per l'assetto manned, che un pilota può accettare, cambiare, rigettare.<sup>84</sup>

Il potere decisionale in questo concetto dottrinale, sia nel caso di mothership che di loyal wingman, resta ancora fortemente centralizzato: l'approccio è quello tradizionale top-down, in cui gli UAS fanno sempre capo alle persone sedute all'interno del cockpit. E' vero che questo potrebbe essere visto come un modello di guerra dove è sempre chiaro chi sia il responsabile<sup>85</sup>, vero è anche che la mothership potrebbe essere un ipersonico, come il Falcon Htv-2 della DARPA (di cui ci sono flight test in corso), in grado di decollare da una qualsiasi pista, salire a quote orbitali in modo autonomo, volare a velocità 20 volte superiori alla velocità del suono raggiungendo qualsiasi punto della terra in meno di un'ora e lanciare piccoli UAV da ricognizione.

L'ingegneria degli sciame mostra che quello degli sciame è un approccio bottom-up rispetto al più tradizionale schema top-down. In uno schema bottom-up, ci si basa appunto su agenti più semplici e meno elaborati. L'ignoranza di un agente è utile, l'informazione locale genera un comportamento globale in modo che il caos possa crescere secondo un ordine complesso, quello dello sciame. Secondo il design tradizionale top-down invece, l'ignoranza di un agente è nociva, un ordine globale potrebbe non essere ben eseguito,

---

<sup>84</sup> D. Morales, Aeronautics and Astronautics Massachusetts Institute of Technology, *UAVs as Tactical Wingmen: Control Methods and Pilots' Perceptions*

<sup>85</sup> P.W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense, *Wired for War – The Robotic revolution and conflict in the 21st Century* – Gen. 2009

richiedendo quindi un ordine specifico per ciascuno degli agenti, aumentando la complessità che spesso porta al caos<sup>86</sup>.

Gli impatti conseguenti all'impiego di swarms negli scenari di warfare moderna sono molteplici. In conflitti asimmetrici, non tradizionali, decentralizzati, le caratteristiche intrinseche degli sciame sono uniche: maggiore e più aggiornata situational awareness, inafferrabilità, capacità standoff, simultaneità. Uno sciame può presentarsi come un'unica grande massa, disassemblarsi e convergere da molteplici direzioni (cloud swarms), ma anche presentarsi inizialmente in maniera dispersa per poi convergere ed attaccare come corpo unico (vapor swarms). Uno sciame ha capacità offensive determinanti: sia l'Afghanistan o un Paese meglio attrezzato, è probabile che il nemico tenda a sottrarsi alla devastante potenza di fuoco delle forze di coalizione, sparpagliandosi e nascondendosi (cosiddetta "maneuver under fire").<sup>87</sup>

Alcune particolari applicazioni di swarming? In una rete di difesa missilistica balistica, sciame di velivoli possono avere il compito di pattugliare una zona intermedia tra il sito di lancio di missili balistici e l'ipotetico bersaglio del missile. I missili balistici si muovono a velocità estremamente elevata, pertanto il rilevamento, la discriminazione e il monitoraggio devono verificarsi il più rapidamente possibile, generalmente durante la fase di spinta (boost) che in genere dura solo 1-5 minuti, a seconda che si tratti di missili intra-teatro o intercontinentali, in modo da aumentare la probabilità di successo per l'intercettazione<sup>88</sup> ([Fig. 17](#)). Sciame di UA si prestano inoltre molto bene ad applicazioni in contesti urbani, dove l'impiego può essere limitato da problemi di line of sight a causa della presenza di edifici e quindi l'impiego di sciame UA è indispensabile come *comms relay* o in supporto a una moltitudine di nodi *on ground*, equipaggiati con sensori termici, magnetici, acustici e sismici, all'interno di una Wireless Polling Sensor Network per la rilevazione di ordigni bellici improvvisati<sup>89</sup>. Ma ci sono tante e tante altre applicazioni.

Sembra che per sconfiggere un nemico disperso, bisogna disperdersi. Chi ha una minima dimestichezza ed esperienza nel campo, sa bene che un comportamento cooperativo di

---

<sup>86</sup> Yan-fei Zhu, Xiong-min Tang, International Conference on Computer Application and System Modeling, *Overview of swarm intelligence* – 2010 pg. 2

<sup>87</sup> S. Edwards, *Swarming and the future of warfare* - 2004

<sup>88</sup> D. A. Wilkening, Center for International Security and Cooperation, Stanford University, Stanford, *Airborne Boost-Phase Ballistic Missile Defense* - 2004

<sup>89</sup> J. Jormakka, T. Saarelainen, Department of Military Technology National Defence University of Finland, *UAV-based Sensor Networks for Future Force Warriors* - 2011

automi è complesso, c'è imprevedibilità nei comportamenti globali, una generale instabilità degli sciame, gli algoritmi divergono a meno che non ci siano constraint estremamente stringenti per le azioni dello sciame, ma questo significa automaticamente rinunciare ai suoi vantaggi potenziali, ad esempio l'imprevedibilità. Lo stesso flight plan pronostica una capacità di swarming nel lungo periodo, solo tra il 2025 ed il 2047. Staremo a vedere.

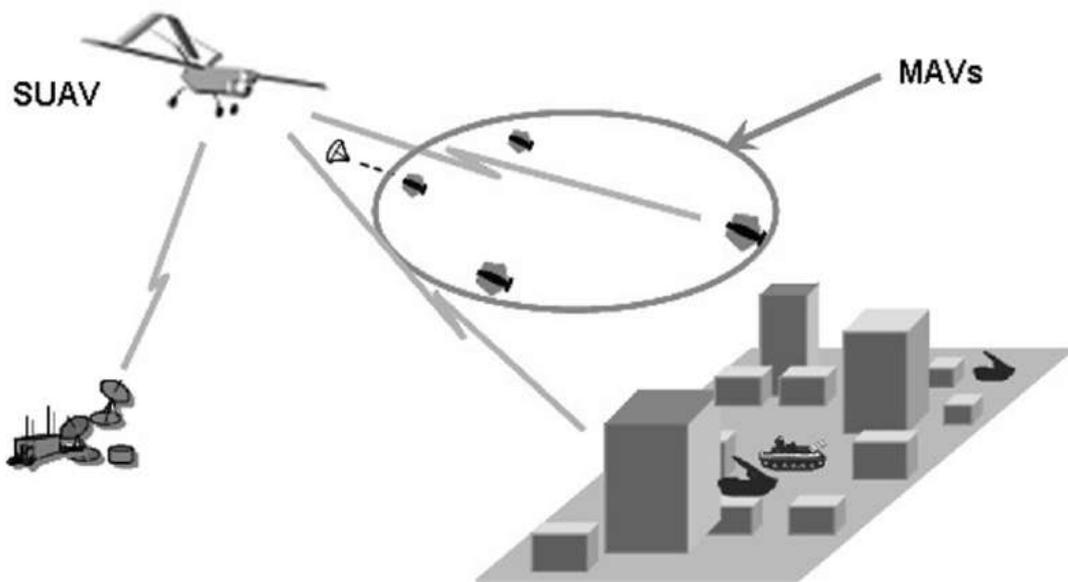


Fig. 16 – Il concetto di mothership in uno scenario metropolitano<sup>90</sup>

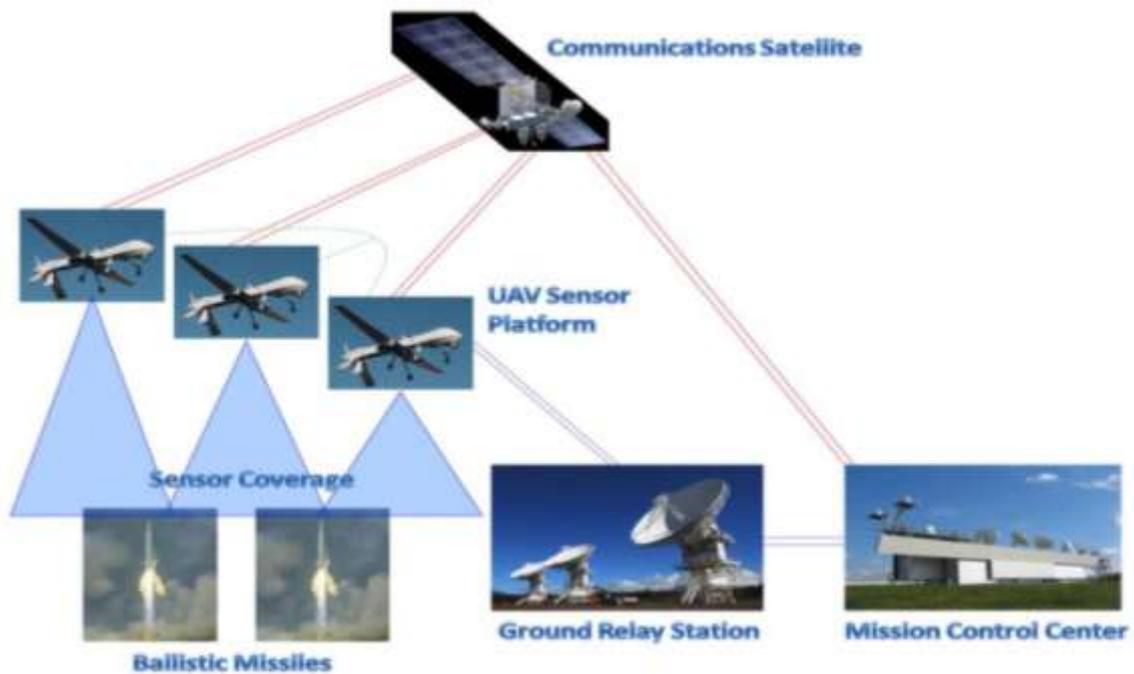


Fig. 17 – UAS per la difesa da missili balistici<sup>91</sup>

<sup>90</sup> Tal Shima, S. Rasmussen, IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, VOL. 15, NO. 4, *Assigning Micro UAVs to Task Tours in an Urban Terrain* - 2007

<sup>91</sup> D. A. Wilkening, Center for International Security and Cooperation, Stanford University, Stanford, *Airborne Boost-Phase Ballistic Missile Defense* - 2004

## 2.8. Manned + Unmanned: l'integrazione.

Dopo l'11 settembre, le forze della coalizione hanno combattuto contro un nemico che non combatte in maniera convenzionale. Non indossano uniformi, si nascondono e si confondono tra la gente locale, nelle scuole, negli ospedali, nei luoghi di culto, non usano armi convenzionali, usano umani come scudi e come armi stesse. L'abilità delle forze di coalizione nell'accedere ad informazioni di intelligence precise, ha aiutato fortemente il tracking, il targeting, la cattura e la sconfitta dell'avversario, a prescindere da dove questo si nascondesse e cosa indossasse. Il contributo singolare degli UAV in questi scenari d'inizio secolo è stato impressionante ed inaspettato. Hanno fornito e continuano a fornire informazioni preziose e determinanti. Hanno dimostrato la capacità di localizzare con precisione e persistenza: contributi fondamentali per le attuali operazioni militari.

Cosa succederà negli scenari futuri? Quali saranno gli scenari futuri?

I conflitti del futuro potrebbero essere gli analoghi o molto simili a quelli che si stanno combattendo dall'inizio del nuovo secolo: una guerra contro uno Stato in crisi o un vero e proprio non-Stato, una Irregular Warfare, in uno spazio aereo permissivo con minacce aria-aria o superficie-aria tecnologicamente insignificanti. Così, paradossalmente, se tutto restasse come oggi che senso avrebbe continuare a credere ed investire nello sviluppo di fighter tradizionali JSF, Eurofighter, Rafale, costosissimi nello sviluppo e nella gestione in service. E per i conflitti futuri?

*“La vittoria sorride a coloro che anticipano i cambiamenti sul modo di fare la guerra, non a coloro che attendono di adattarsi ai cambiamenti avvenuti.”*

Giulio Douhet<sup>92</sup>

*“The significant problems we face cannot be solved at the same level of thinking we were at when we created them.”*

Albert Einstein<sup>93</sup>

Douhet e Einstein: omotetia di dottrina e scienza. Una flotta di UAS sarà in grado di coprire gli stessi ruoli di sistemi con pilota? Investire in un'unica direzione porterà al successo? Bisogna dare ascolto al Dohuet e non investire in un solo paniere, e ad Einstein, infuturando il modo di ragionare sulle cose.

---

<sup>92</sup> Giulio Douhet, “Il dominio dell'aria” - 1921

<sup>93</sup> Alice Calaprice, *The New Quotable Einstein* - 2005

La guerra del domani potrebbe essere un conflitto convenzionale tradizionale contro un paese alla pari come la Cina, generalmente vista come una superpotenza emergente, o la Russia, o la Corea del Nord, o l'Iran, o qualunque altro avversario di questo calibro verso il quale, la superiorità etica, culturale, la superiorità tecnologica non sarebbe altrettanto garantita. Questi potenziali concorrenti hanno l'organizzazione, le capacità e la forza di sfidare le forze di coalizione in scenari aria-aria, maggiormente ostili e complessi rispetto ai cieli pressoché incontestati di Iraq ed Afghanistan. Se un combattimento aria-aria sarà tra trent'anni una missione appropriata anche per un UAS, o resterà ad appannaggio di velivoli pilotati come un EFA, un F-35, un Rafale ad oggi nessuno può dirlo. In queste condizioni, le forze avrebbero necessità di garantirsi una superiorità aerea convenzionale tradizionale, prima che le forze di superficie, di terra e di mare, possano condurre operazioni senza impedimenti.

Il procurement di nuovi assetti, o almeno la sua proiezione per il prossimo ventennio, non dovrebbe focalizzarsi solo nell'acquistare piattaforme che consentano di vincere questo tipo di combattimento ma che siano in grado di combattere anche contro un nemico ben più preparato, più temibile ed attrezzato. Capire quanto i progressi dell'intelligenza artificiale e quanto la legge di Moore<sup>94</sup> consentirà un giorno ai mission computer degli UAS di sostituire in toto lo human factor, sarà determinante per compiere la scelta fra manned ed unmanned, tra quale sarà il ruolo da attribuire a ciascuno di questi per garantirsi il successo di conflitti futuri.

Il dibattito sulla terminologia, la sfida umano-macchina, i numeri, la tradizione, gli investimenti, le strategie, per ora chiariscono che il futuro, almeno per i prossimi due decenni non potrà che essere Manned + Unmanned.

---

<sup>94</sup> Nel 1965, Gordon Moore, cofondatore di Intel con Robert Noyce, ipotizzò che le prestazioni dei microprocessori sarebbero raddoppiate ogni 24 mesi circa. La legge, che verrà estesa per tutti gli anni novanta e resterà valida fino ai nostri giorni, viene riformulata alla fine degli anni ottanta ed elaborata nella sua forma definitiva, ovvero che le prestazioni dei processori raddoppiano ogni 18 mesi , [http://it.wikipedia.org/wiki/Legge di Moore](http://it.wikipedia.org/wiki/Legge_di_Moore)

# 3

## Le sfide

*Affinché l'equilibrio tra manned ed unmanned diventi ben presto realtà, sono ancora molte le sfide da affrontare e superare: l'integrazione nello spazio aereo, anche con gli assetti civili, l'aggiornamento della dottrina, la razionalizzazione delle frequenze, l'adozione di architetture aperte, che possa favorire la concorrenza e la competitività, la selezione e l'addestramento del personale, lo sviluppo di tecnologie polimorfiche per contrastare la cyberwarfare, in generale la definizione e l'adozione di un quadro normativo dedicato.*

### 3.1. La sfida dell'integrazione

Ad oggi, negli Stati Uniti, l'integrazione nel NAS (National Airspace System) è fortemente limitata dalla FAA (Federal Aviation Administration). L'autorizzazione ad operare fuori da spazi aerei segregati viene concessa case-by-case con restrizioni: l'impiego degli UAS può essere limitato ad aree non popolate o a bassissima densità di traffico aereo sulla base di Temporary Flight Restrictions (TFRs) o eventualmente con un Certificate of Waiver or Authorization (COA) possono essere impiegati osservatori a terra o dei chase con funzione see and avoid.<sup>95</sup> Il problema è che il COA è provvisorio, il processo di rilascio da parte del FAA può impiegare fino a 60 giorni per la sua approvazione<sup>96</sup> e, nel contempo, non garantisce l'integrazione nel NAS, ma acconsente appunto solo a profili di volo definiti in determinate regioni dello spazio aereo<sup>97</sup>. In queste condizioni può essere certamente più appropriato parlare di inserzione o meglio di accesso (molto limitato) al NAS, piuttosto che di integrazione.

<sup>95</sup> A. Lacher et al. MITRE Corporation, *Airspace Integration Alternatives for Unmanned Aircraft* – Feb. 2010

<sup>96</sup> Maj. S. Walker USAF, *Integrating Department Of Defense Unmanned Aerial Systems Into The National Airspace Structure* - 2010

<sup>97</sup> U.S. Congress, House, *Hearing on Unmanned Aerial Vehicles and the National Airspace System*. 109th Cong, 2nd Sess. – Mar. 2006

Le deficienze emerse nella collisione tra un UAV ed un Airbus 320 a Kabul nel 2004, nella caduta di uno SkySeer negli USA nel 2006<sup>98</sup>, e recentemente nella collisione in Afghanistan tra un C130 statunitense ed un RQ-7 Shadow in agosto 2011<sup>99</sup> – per citarne alcune e su una base di tempo ampia – possono dimostrare quanto possa essere giustificata una certa prudenza.

Effettivamente il rateo d'incidenti degli UAS non è incoraggiante per poter essere ottimisti sui tempi di integrazione di questi sistemi nel NAS: da fonti ufficiali si apprende che nelle prime 100.000 ore di volo il mishap rate del MQ-1 Predator ammontava a 28, oltre il doppio del F16 (mishap rate di 11 per 100.000 ore di volo), sebbene recentemente sia sceso a 14.<sup>100</sup> Sistemi come il Pioneer, l'Hunter e lo stesso RQ-7 Shadow hanno un rateo di incidenti di almeno uno/due ordini di grandezza superiore ([Fig. 18](#)).<sup>101</sup>

Consentire l'integrazione degli UAS in spazi aerei non segregati significherà disporre "a bordo" degli UAS di una capacità matura di "See and Avoid", alla stessa stregua dei velivoli manned. Tale capacità, oltre che notevole rilevanza tecnico-operativa e tecnologica, ha soprattutto un riscontro normativo: la compliance con la Federal Aviation Regulation (FAR) Part 91.113<sup>102</sup> e 91.111<sup>103</sup>. La comunità UAS ha coniato il termine "Sense and Avoid" (S&A) mutuando quello dei velivoli manned ed adattandolo agli UAS, ad oggi definito come "*the capability of an unmanned aircraft system to remain well clear from and avoid collisions with other airborne traffic and vice-versa*".<sup>104</sup>

*"...Safety is Rule number one for everyone in the NAS. And being able to see&avoid is a fundamental part of that rule"* Federal Aviation Administration<sup>105</sup>

---

<sup>98</sup> P. Parkinson, Tecnologia e Difesa, *Il futuro è degli unmanned* - Apr. 2008

<sup>99</sup> N. Hodge, The Wall Street Journal, *U.S. says drone, cargo plane collide over* - Ago. 2010  
[http://online.wsj.com/article/SB10001424053111903480904576512081215848332.html?mod=googlenews\\_wsj](http://online.wsj.com/article/SB10001424053111903480904576512081215848332.html?mod=googlenews_wsj)

<sup>100</sup> United States Air Force – *Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009 – 2047 – 2009*

<sup>101</sup> U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap 2009-2034* – Apr. 2009

<sup>102</sup> Code of Federal Regulations - Title 14 Aeronautics and Space; Part 91 General operating and flight rules; Section 113 Right-of-way rules: Except water operations, "*When weather conditions permit, regardless of whether an operation is conducted under instrument flight rules or visual flight rules, vigilance shall be maintained by each person operating an aircraft so as to see and avoid other aircraft. When a rule of this section gives another aircraft the right-of-way, the pilot shall give way to that aircraft and may not pass over, under, or ahead of it unless well clear.*"

<sup>103</sup> Code of Federal Regulations - Title 14 Aeronautics and Space; Part 91 General operating and flight rules; Section 111 Operating Near other Aircraft, "*Pilots also are responsible to not operate an aircraft so close to another aircraft as to create a collision hazard*"

<sup>104</sup> Federal Aviation Administration, *Sense and Avoid (SAA) for Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, October 2009

<sup>105</sup> J. Randolph Babbitt, Federal Aviation Agency "Safety Must Come First" – Nov. 2009  
[http://www.faa.gov/news/speeches/news\\_story.cfm?newsId=10964](http://www.faa.gov/news/speeches/news_story.cfm?newsId=10964)

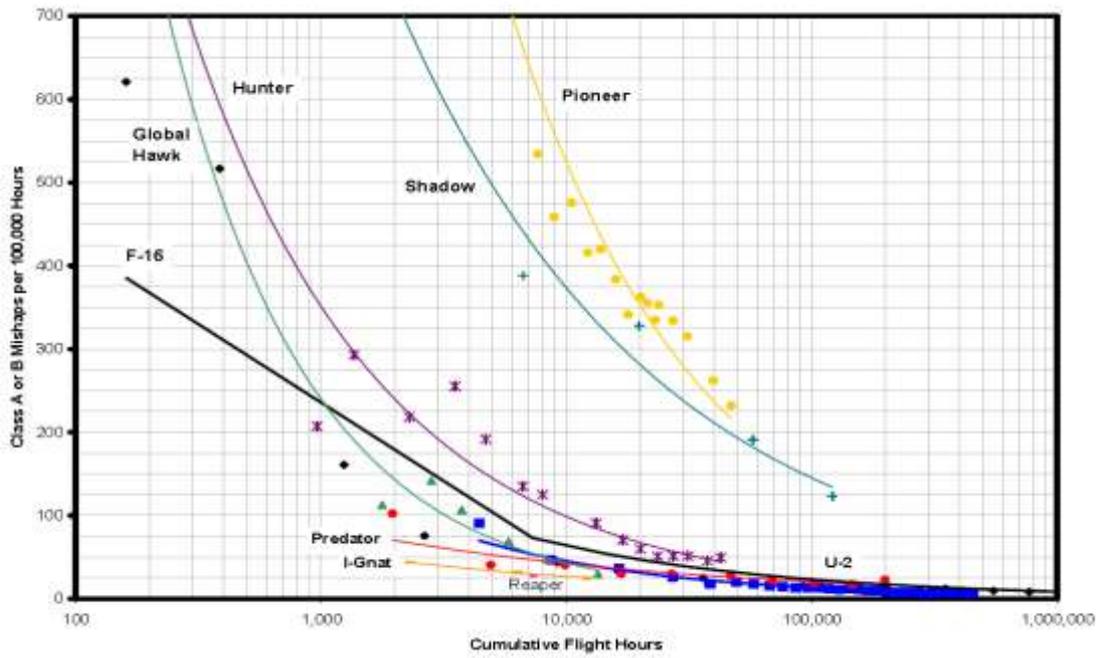


Fig. 18 – UAS Mishap rate<sup>106</sup>

<sup>106</sup> U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap 2009-2034* – Apr. 2009

Effettivamente la capacità di S&A dovrà garantire che un UAS sia in grado di rilevare altro traffico che potrebbe essere in conflitto, valutare dei flightpath alternativi, manovrare in maniera “well clear” secondo le regole precedenti.

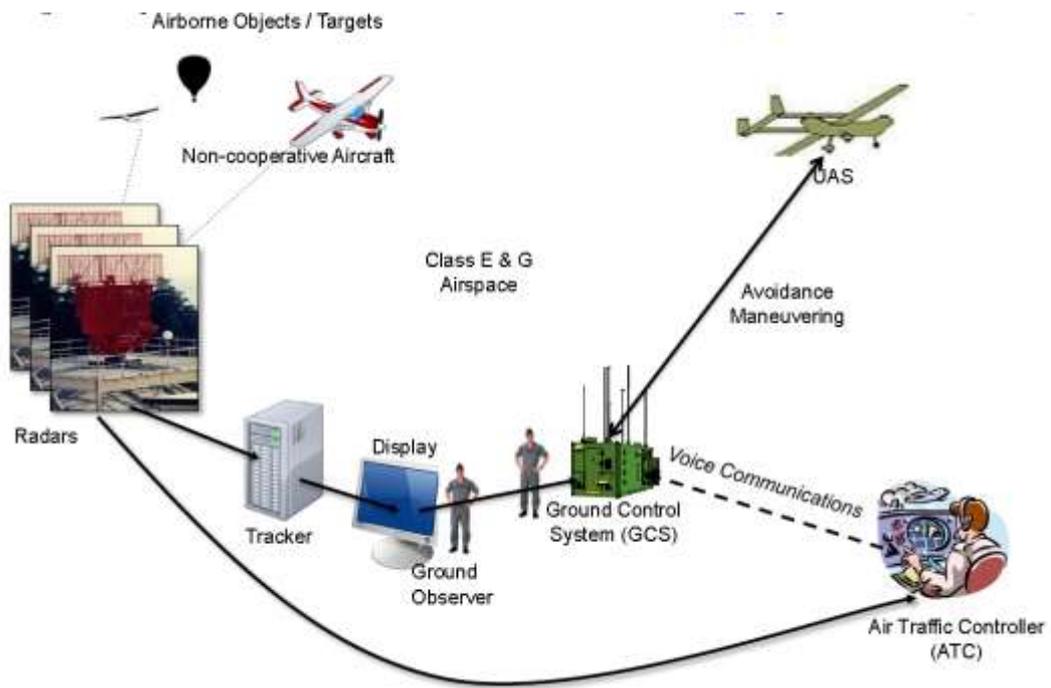
Sono due le aree tecnologiche in cui si sta investendo. Prima che la tecnologia Airborne Based Sense And Avoid (ABSAA), direttamente a bordo di un aeroplano, dimostri di essere pienamente matura ed adeguata a garantire la *self separation* da tutti gli elementi di uno spazio aereo e ad evitare le collisioni (*collision avoidance*), nel breve periodo si sta investendo molto su quella Ground Based (GBSAA, Ground Based Sense and Avoid) ([Fig. 19](#)). che, sulla base di sensori RADAR/laser in grado di rilevare la presenza di altro traffico nel volume di operazioni di un UAS, possa garantire il livello di sicurezza necessario per diminuire gradualmente le restrizioni sui COA e facilitare l’inserimento degli UAS nel NAS ([Fig. 20](#)).

Con il “UAS Airspace Integration Plan”<sup>107</sup>, il Pentagono ha recentemente definito una roadmap incrementale per l’integrazione degli UAS militari nel NAS per ciascun gruppo di UAS all’interno delle varie classi di Spazio Aereo. Si parte da operazioni in Visual-Line-of-Sight ([Fig. 21](#)) per gli UAS del Gruppo 1 (0-20 lbs, <1200AGL) e Gruppo 2 (21-55 lbs, <3500 AGL) entro una certa distanza operativa e con il supporto di osservatori con funzione see and avoid, passando nel medio periodo all’istituzione di corridoi di transito laterali ([Fig. 22](#), [Fig. 23](#)) o verticali ([Fig. 24](#)) all’interno del traffico civile che rientrino nel range di operazioni dei sistemi GBSAA, fino alla completa integrazione che consenta agli UAS dei Gruppi 3, 4 e 5 di volare con un proprio piano di volo in tutte le classi dello spazio aereo ([Fig. 25](#)).

Sempre nel UAS Airspace Integration Plan, il DoD americano ha definito le fondamenta, i tre principi fondamentali (“Three Tenets”) per l’integrazione in sicurezza degli UAS militari nel NAS: un UAS è necessario che sia airworthy, venga operato da piloti/operatori qualificati, sia conforme alle normative ([Fig. 26](#)).

---

<sup>107</sup> U.S. Department of Defense, *UAS Airspace Integration Plan* – Mar. 2011



**Fig. 19 - Ground Based Sense and Avoid**



**Fig. 20 - Ground Based Sense and Avoid, RADAR-based**

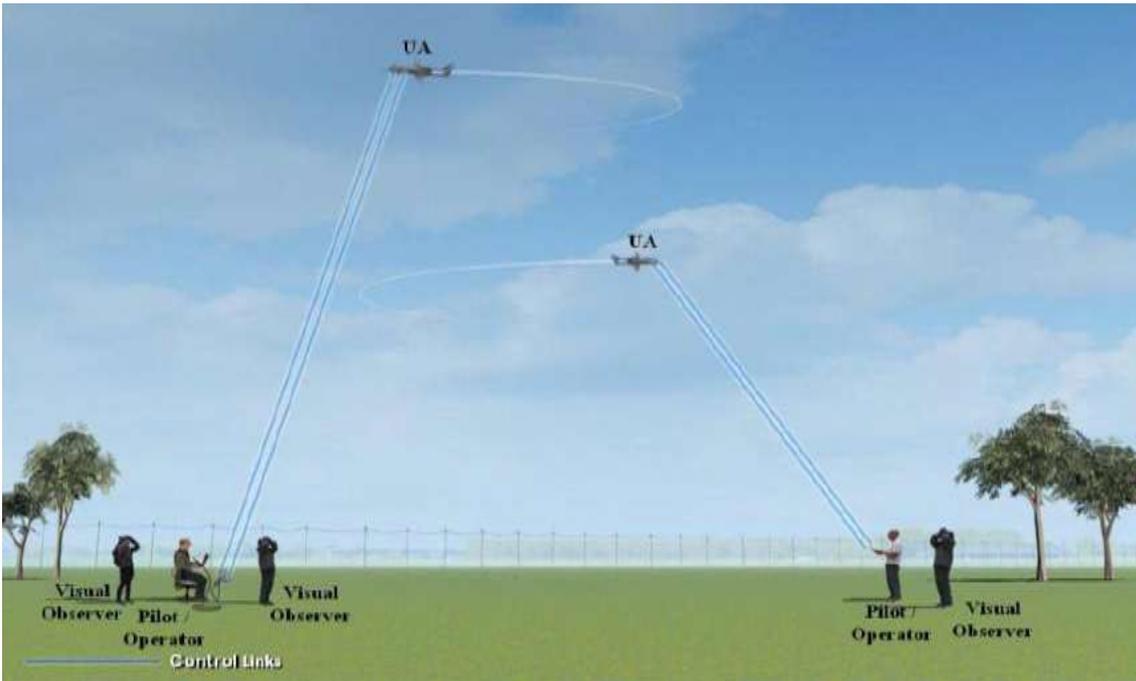


Fig. 21 – Operazioni in VLOS<sup>108</sup>

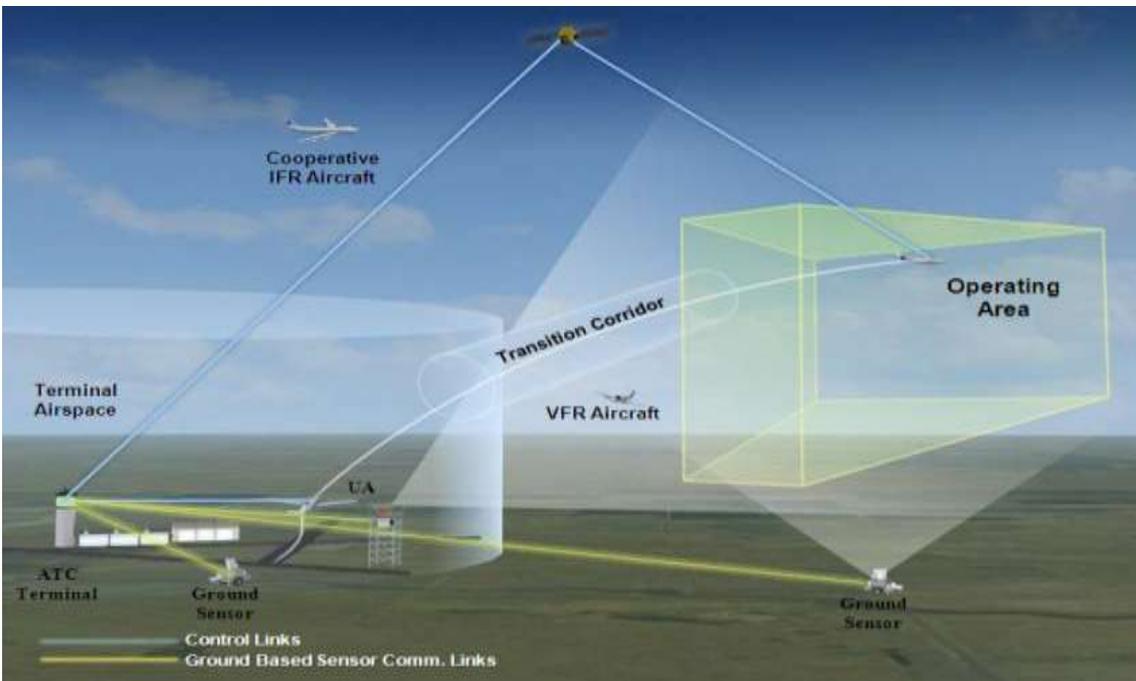


Fig. 22 – Corridoi di transito<sup>109</sup>

<sup>108</sup> U.S. Department of Defense, *UAS Airspace Integration Plan* – Mar. 2011

<sup>109</sup> Ibid.

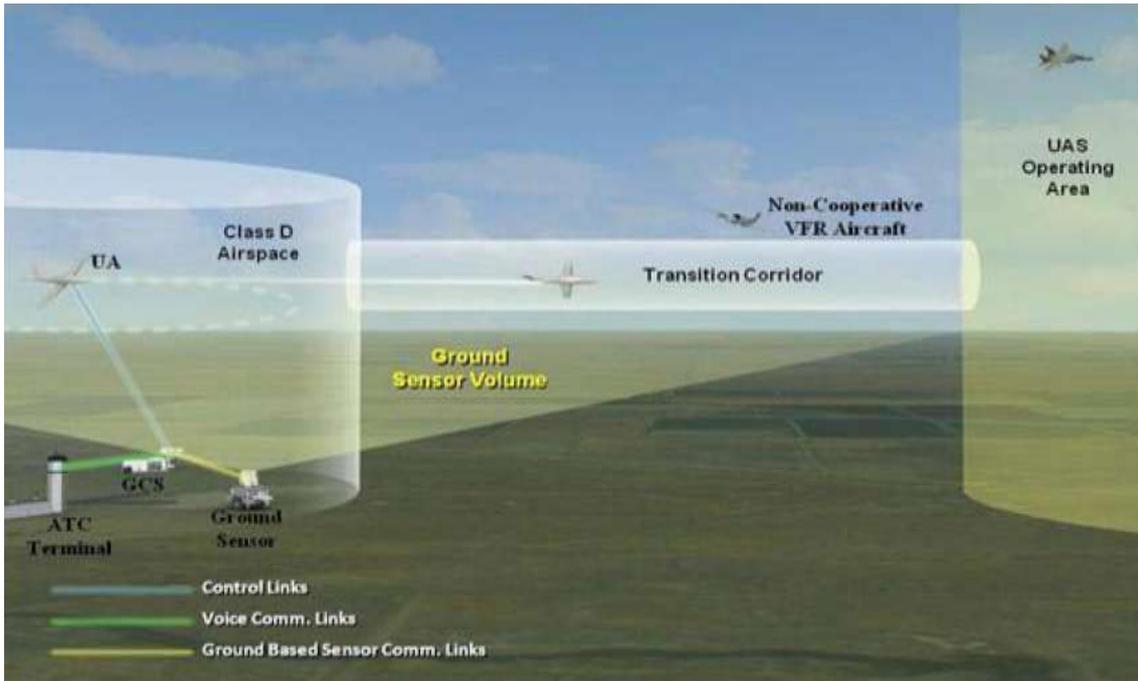


Fig. 23 – Corridoi di transito<sup>110</sup>

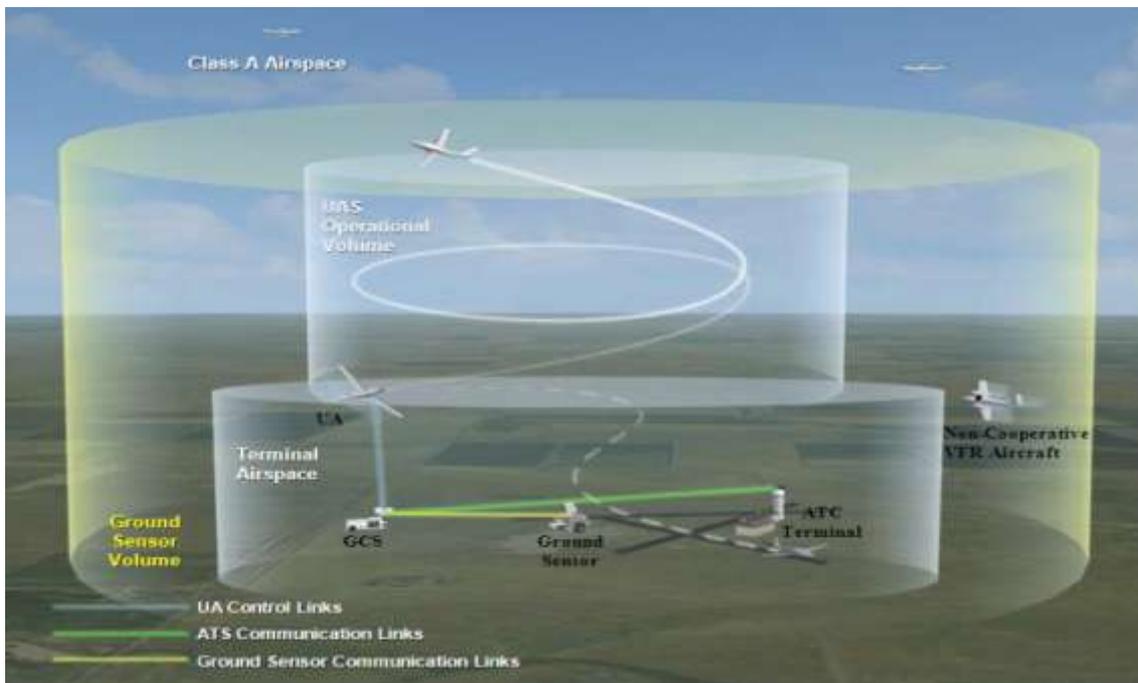


Fig. 24 – Corridoi verticali<sup>111</sup>

<sup>110</sup> U.S. Department of Defense, *UAS Airspace Integration Plan* – Mar. 2011.

<sup>111</sup> Ibid.

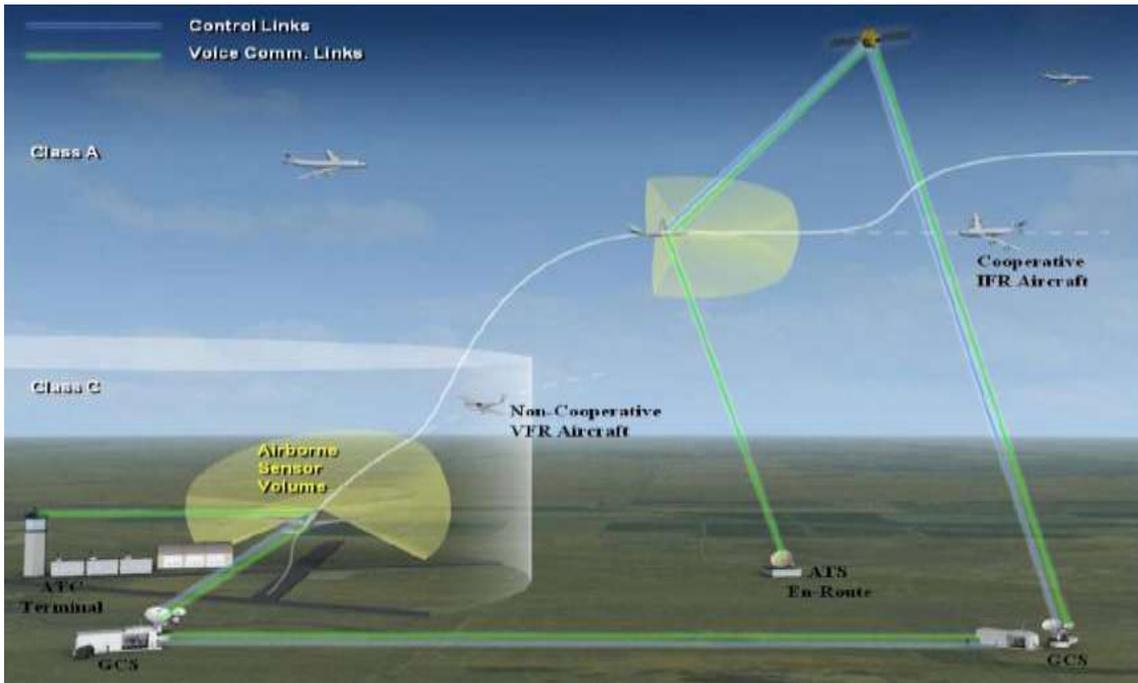


Fig. 25 – Integrazione completa nel NAS<sup>112</sup>

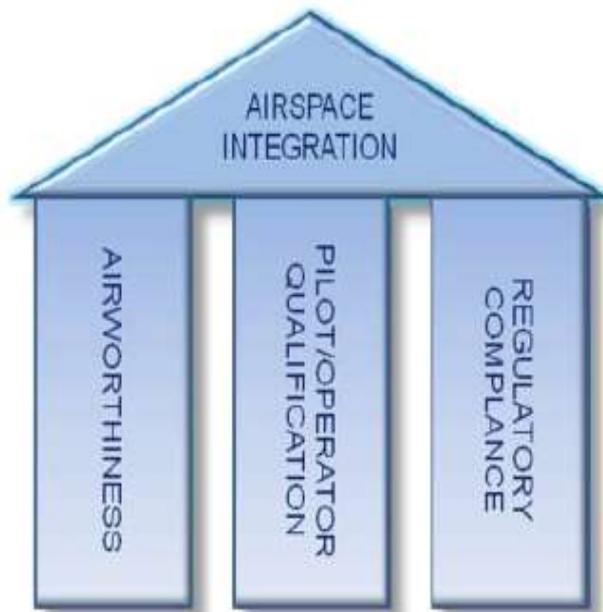


Fig. 26 – I “Three Tenets”<sup>113</sup>

<sup>112</sup> U.S. Department of Defense, *UAS Airspace Integration Plan* – Mar. 2011.

<sup>113</sup> Ibid.

L'airworthiness, l'aeronavigabilità, deve essere il requisito base per ogni aeromobile, sia esso manned o unmanned, per entrare nello spazio aereo. Il MIL-HDBK-516B, comunemente utilizzato come linee guida dalle Airworthiness Authorities per il processo di certificazione, definisce l'airworthiness come “*the ability of an aircraft system/vehicle to safely attain, sustain and terminate flight in accordance with an approved usage and limitation*”. Il processo di certificazione militare, nel verificare l'assenza di ogni attributo del progetto che possa mettere a rischio la sicurezza di un aeromobile, può tener conto dell'aerostuttura, dei sistemi di propulsione, di tutti i sistemi essenziali al volo ed allo svolgimento di una missione, in generale dell'hardware e del software del sistema, delle prestazioni in un determinato involucro di volo, al fine di assicurare che un aeromobile sia progettato, prodotto, e mantenuto in modo che possa essere operato in sicurezza. Nel processo vengono complessivamente considerati tutti i fattori necessari per mitigare il rischio di occorrenza di danni a persone e cose, determinando il livello di affidabilità dell'aeromobile, in termini di probabilità cumulativa di evento catastrofico per ora di volo, e portando anche in conto la densità abitativa delle aree sorvolate nell'ambito dell'impiego del sistema. L'affermazione che un UAS debba essere quindi airworthy potrebbe risultare alquanto pleonastica se non fosse che gli UAS sono inizialmente nati come Advanced Concept Technology Demonstrations (ACTD), sviluppati ed entrati molto rapidamente in uso in risposta a “Urgent Operational Requirement” senza quindi essere oggetto del rigore associato allo sviluppo ed alla certificazione di aeromobili militari.<sup>114</sup> Per colmare queste carenze, il DoD sta sviluppando nuovi airworthiness criteria, standard e means of compliance specifici per gli UAS (e.g. per disciplinare il “loss link”), per l'aggiornamento del MIL-HDBK-516B.

In definitiva, al momento, sia negli Stati Uniti, sia in Europa manca un quadro normativo chiaro per gli UAV: norme, regolamenti, raccomandazioni, procedure operative, protocolli, standard. A titolo di esempio, non c'è nessuno standard di sicurezza del data link, né alcuna policy in termini di standard procedurali in caso di perdita dello stesso (loss link).<sup>115</sup> Facendo un salto in Europa, nel documento “EUROCONTROL Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace” è previsto che le procedure di emergenza rispecchino quelle dei manned per quanto possibile, ma non

---

<sup>114</sup> A. Lacher, D. Maroney, K. Markin, *High-Level Alternatives for Integrating Unmanned Aircraft into Civil Airspace* – Giu.2008.

<sup>115</sup> U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap 2009-2034* – Apr. 2009, pg. 102

come debbano essere eseguite<sup>116</sup>. Così come per i sistemi Sense&Avoid, non c'è effettivamente ancora nessuno standard che ne definisca le prestazioni, tipo la minima *miss distance*, ovvero la distanza di separazione tra due aeromobili nel caso peggiore. Se 500 piedi sull'asse verticale è un *altitude block* di separazione anche tra assetti manned, 500 piedi sull'asse orizzontale è forse troppo poco e potrebbe dare l'idea di una imminente collisione: mezzo miglio sembra una distanza maggiormente conservativa.<sup>117</sup>

La Commissione europea ha anch'essa individuato la mancanza di un quadro normativo per gli UAS e, nello spirito di adottare un approccio armonizzato per lo sviluppo e l'integrazione degli UAS nello spazio aereo europeo, nel mese di aprile 2011 ha avviato una nuova iniziativa per identificare le competenze necessarie per lo sviluppo di una politica e strategia per il futuro degli UAS in Europa. L'iniziativa consiste in una serie di workshop ognuno con un tema diverso, che vanno dall'inserimento degli UAS nello spazio aereo, alle frequenze radio, alla loro dimensione sociale (che include la protezione della privacy e dei dati così come le preoccupazioni etiche) e infine la ricerca e sviluppo.

Il risultato finale consisterà in raccomandazioni concrete per i responsabili politici su come sviluppare il mercato e facilitare l'integrazione degli UAS in spazi aerei non segregati, portando in conto sia gli aspetti civili che militari di questi sistemi<sup>118</sup>

L'obiettivo dello USAF Flight Plan 2009-2047 di favorire la totale integrazione nello spazio aereo è a lungo termine: la tecnologia non è ancora matura abbastanza per consentire agli UAS di poter operare in modo sicuro ed efficiente all'interno di spazi aerei non segregati. L'integrazione degli UAS poi, oltre che dalla disponibilità e dalla maturità di determinate tecnologie non solo a bordo del UA, ma distribuite su tutto il sistema, non può prescindere dalla definizione di standard, regolamenti, certificazione di tutti gli elementi componenti un UAS, addestramento e qualifica del personale che vi opera: tematiche queste che verranno approfondite nel corso di questo capitolo.

---

<sup>116</sup> EUROCONTROL *Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace*, Emergency Procedures, pg. 14

<sup>117</sup> Ibid.

<sup>118</sup> European Commission, *Strategy for unmanned aircraft systems in the European Union*  
[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/uas/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/uas/index_en.htm)

### 3.2. L'importanza dell'integrazione degli UAS civili per gli UAS militari

Se è vero che la necessità di determinate tecnologie, spesso leading edge, trae origine da esigenze militari, è vero anche che lo sviluppo e l'apertura di queste al mercato globale genera opportunità commerciali spesso inesauribili. Il successo degli UAS militari ha indubbiamente favorito una impressionante crescita della domanda di versioni per applicazioni civili. Nel 2006 la NASA ha individuato, documentato ed analizzato, un totale di 53 tipologie di impiego civile degli UAS (seppur "a quel tempo" riportati come Uninhabited Aerial Vehicle), sulla base delle esigenze di enti ed agenzie governativi, complessivamente per scopi di homeland security, earth science e land management<sup>119</sup> alle quali andrebbe aggiunto l'ampio bacino di quelle commerciali. Sviluppare queste applicazioni significa operare UAS, militari e civili, al di fuori di aree segregate e nello stesso spazio aereo dei velivoli con equipaggio, con un accesso allo spazio aereo che sia di *routine*, cosiddetto "*file & fly*", ed *unconstrained*, senza restrizioni.

In passato c'erano diverse scuole di pensiero circa i requisiti di sicurezza degli UAS in questi scenari: scuole che andavano dalla posizione più morbida secondo la quale gli UAS dovrebbero essere esentati dai requisiti di sicurezza propri degli aeromobili tradizionali non appena la tecnologia sarebbe stata matura, a quella più restrittiva, secondo cui gli UAS dovrebbero soddisfare requisiti di sicurezza equivalenti a quelli degli aeromobili con equipaggio<sup>120</sup>.

La convenzione Internazionale per l'aviazione civile, la Convenzione di Chicago, stipulata a Chicago il 7 dicembre 1944, tra 190 paesi, rappresenta il testo di riferimento in materia di aviazione civile e ne disciplina a livello mondiale la supervisione della sicurezza.

La Convenzione di Chicago esclude all'articolo 3.a<sup>121</sup> la sua applicabilità agli Aeromobili di Stato. La stessa convenzione però prescrive all'articolo 3.d che gli Stati contraenti, nell'emanare le norme applicabili ai loro Aeromobili di Stato, si debbano impegnare a tener debitamente conto della sicurezza della navigazione degli aeromobili civili.

---

<sup>119</sup> L. Camacho, C. Yuhas, *NASA Civil UAV Capability Assessment – 2006*

<sup>120</sup> P. Parkinson, *Tecnologia e Difesa, Il futuro è degli unmanned* - Apr. 2008

<sup>121</sup> Gli articoli della Convenzione di Chicago applicabili agli UAS che potrebbero avere un impatto in termini legali per l'integrazione degli UAS, secondo le indicazioni recepite all'interno della Circolare 328, sono stati riportati nel Capitolo 8.

Gli UAV militari quindi, come ogni altro aeromobile militare, non sono vincolati dalla Convenzione di Chicago, in quanto aeromobili di Stato. EUROCONTROL<sup>122</sup>, in merito alla fattispecie degli UAS, nel suo “*Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace*” individua che potrebbe essere insostenibile operare UAS militari al di fuori di spazi aerei segregati senza garantire che essi non rappresentino una minaccia eccessiva per gli altri utenti dello spazio aereo. D'altronde proprio in accordo allo stesso Articolo 3, la Convenzione prevede che nell'emanare le norme applicabili ai propri aeromobili di Stato, gli Stati contraenti dell'ICAO s'impegnano a tener debitamente conto della sicurezza della navigazione degli aeromobili civili.

In tal senso, tra gli altri, EUROCONTROL ha espresso la raccomandazione che le specifiche per gli UAS militari dovrebbero seguire gli “Standard and Recommended Practices” (SARP) dell'ICAO relativi agli aeromobili con equipaggio almeno per le problematiche di Air Traffic Management (ATM) ove possibile<sup>123</sup>. Nella fattispecie, nel 2007 la Task Force per gli UAS di EUROCONTROL, composta da militari e civili dell'Unione Europea, ha proposto un elenco di 30 specifiche per l'integrazione degli UAS nell'Operational Air Traffic limitatamente per gli aspetti di Air Traffic Management.

L'ICAO<sup>124</sup> con la circolare 328<sup>125</sup> rilasciata nel marzo 2011, primo recente outcome formale dell'ICAO UAS Study Group<sup>126</sup> ha il merito di illustrare il problema dell'integrazione degli UAS civili nel sistema spazio aereo in maniera più ampia, introducendo alcuni concetti fondamentali relativamente a sicurezza, aeronavigabilità, omologazione, formazione ed abilitazione di piloti ed operatori per UAS civili, evidenziando le problematiche ed i gap da colmare.

---

<sup>122</sup> EUROCONTROL è l'organizzazione europea per la sicurezza del traffico aereo. Fondata nel 1963, questa organizzazione civile e militare a cui aderiscono 38 stati membri ha come obiettivo primario lo sviluppo di un sistema pan-europeo di gestione dell'ATM che sia in grado di mantenere un elevato livello di sicurezza in un'ottica di contenimento dei costi e nel rispetto dell'ambiente. In questo contesto EUROCONTROL sviluppa, coordina e pianifica sia l'attuazione di strategie di gestione del traffico aereo pan/europee a breve, medio e lungo termine, sia i loro relativi piani d'azione. Queste attività non possono prescindere dal coinvolgimento delle autorità nazionali, dei fornitori del servizio di trasporto aereo e di tutti gli altri soggetti interessati - [www.enac.gov.it](http://www.enac.gov.it)

<sup>123</sup> EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION, EUROCONTROL-SPEC-0102 *EUROCONTROL Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace* – Lug. 2007

<sup>124</sup> L'ICAO (International Civil Aviation Organization) è un'agenzia specializzata delle Nazioni Unite con competenza primaria in materia di normativa sull'aviazione civile. È stata fondata nel 1947 dopo la ratifica, da parte di 52 Paesi aderenti, della Convenzione di Chicago – [www.esteri.it](http://www.esteri.it)

<sup>125</sup> ICAO Circular 328, *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular* – Mar. 2011

<sup>126</sup> UAS Study Group, istituito nel Novembre 2007 come Focal Point di tutte le questioni relative agli UAS - Terms of Reference: “...to assist the Secretariat in coordinating the development of ICAO Standards and Recommended Practices (SARPs), Procedures and guidance material for civil unmanned aircraft systems (UAS), to support a safe, secure and efficient integration of UAS into non-segregated airspace and aerodromes.”.

Per quanto detto, come è vero che la Convenzione di Chicago non si applica ad UAS militari, tema della presente ricerca, è altrettanto vero che l'apertura del sistema spazio aereo alle applicazioni civili degli UAS va considerato come elemento integrante se non un vero e proprio *co-driver* per lo sviluppo e l'integrazione degli UAS militari. Per i suddetti motivi ho ritenuto che potesse essere importante riportare il risultato dei recenti lavori di un Istituzione autorevole come l'ICAO in materia di UAS.

### **3.3. Il contributo dell'ICAO**

Scopo della Circolare n.328 dell'ICAO è informare gli Stati Contraenti in merito alle prospettive dell'ICAO per l'integrazione degli UAS civili in spazi aerei non segregati e negli aeroporti, considerare le differenze fondamentali dal trasporto aereo con equipaggio che tale integrazione comporta, incoraggiare gli Stati a contribuire con lo sviluppo di una policy comune sulla base delle esperienze maturate nell'impiego di questi velivoli.

L'introduzione e l'integrazione degli UAS nel sistema spazio aereo, la circolare chiarisce, non modificherà l'obiettivo di base che rimane quello di raggiungere e mantenere il più alto livello possibile di sicurezza, al minimo equivalente a quello già esistente, sia per gli UAS che per gli altri utenti dello spazio aereo, nonché la sicurezza della popolazione e delle infrastrutture a terra.

#### **3.3.1. Solo gli APR**

L'ICAO postula che gli UA vanno considerati aeromobili a tutti gli effetti, siano questi a pilotaggio remoto, completamente autonomi o una combinazione di questi, e come tali devono essere soggetti alle disposizioni di cui all'articolo 8 della Convenzione di Chicago.

Gli APR, gli aeromobili a pilotaggio remoto, sono considerati una tipologia, un sottoinsieme di UAS. La Circolare pur riconoscendo l'ampia gamma delle operazioni e la versatilità degli UAS rivendica un tono ed un approccio molto conservatori per l'integrazione di questi nello spazio aereo comune. Secondo l'ICAO, solo gli aeromobili a pilotaggio remoto infatti, saranno in grado di integrarsi nel sistema dell'aviazione civile internazionale nel prossimo futuro. Sistemi completamente autonomi o comunque qualunque altro tipo di aeromobile che non possa essere gestito in tempo reale da un pilota durante il volo, non possono essere presi in considerazione – e non lo sono stati nei contenuti della Circolare - pur lasciando un'apertura alle possibili evoluzioni tecnologiche di questi sistemi che, ad ogni modo, verranno affrontate nel lungo periodo su base di opportunità. È possibile che gli Stati possano essere in grado di favorire l'impiego di UAS non a pilotaggio remoto

attraverso l'uso di speciali disposizioni, tuttavia è da escludere al momento ogni possibilità di integrazione di questi nel sistema spazio aereo.

L'ICAO riconosce molte categorie di velivoli, tra cui palloni, alianti, aerei ed elicotteri.

Il fatto che tali aeromobili siano manned o unmanned non cambia il proprio status di aeromobile. Ogni categoria di aeromobile, anche esistente, potrebbe potenzialmente avere una propria versione unmanned, a pilotaggio remoto, nel futuro. Questa assunzione è centrale e fondamentale per tutte le ulteriori questioni relative agli UAS, poiché lasciando l'uomo *in-the-loop*, fornisce le basi per affrontare i temi di aeronavigabilità, le licenze per i piloti, gli standard di separazione.

### **3.3.2. Sempre pilot-centric**

Il pilota, seppur non nel cockpit, rimane *pilot-in-command* e pertanto detiene ancora le responsabilità di Comandante dell'aeromobile: in tal senso la presenza del pilota è centrale e considerata come elemento determinante per raggiungere l'integrazione tra aeromobili con pilota ed aeromobili a pilotaggio remoto. Sebbene nella fattispecie verrà utilizzato il termine *remote pilot*, le funzioni e le responsabilità del pilota rimangono intatte nonostante questo non svolga le proprie funzioni direttamente a bordo del velivolo: il pilota dovrà ancora possedere un brevetto di volo per la tipologia di UAS che andrà ad operare e per la categoria di spazio aereo, dovrà monitorare senza soluzione di continuità l'aeroplano, dovrà rispondere alle istruzioni del controllo del traffico, dovrà comunicare con questi, dovrà operare secondo le "Rules of the Air", sarà ancora complessivamente responsabile della condotta in sicurezza dell'aeromobile. Le considerazioni rispetto ad un certo grado di autonomia, più o meno evoluta, di un UAS non vanno oltre quelle che sono riservate ad un Flight Control System a bordo dei moderni velivoli: in qualunque momento il pilota dovrà avere comunque possibilità di override e di intervenire nella gestione del volo senza inficiarne la sicurezza.

Secondo le "Rules of the Air", la norma in materia di volo, ai sensi dell'Annesso 2 della convenzione di Chicago, è il pilota di un aeromobile con equipaggio ad essere responsabile di rilevare ed evitare possibili collisioni oltre che altri pericoli. Lo stesso requisito deve applicarsi anche al pilota di un APR. In ragione di ciò, il segmento di volo di un APR deve essere equipaggiato con la tecnologia sufficiente da fornire al pilota una sufficiente conoscenza dell'ambiente esterno e, più in generale, la situational awareness necessaria per ottemperare a tale responsabilità, a prescindere dal tipo di volo, dalla classe di spazio aereo nel quale il velivolo sta operando e se si sta muovendo all'interno di

un aeroporto. Un principio fondamentale delle regole dell'aria risiede nel fatto che un pilota, potendo controllare altri aerei a vista, è in grado di evitare collisioni, mantenere una distanza di riguardo da altri aeromobili, può consentire il *right-of-way* per il passaggio di altri velivoli. I piloti sono in genere tenuti ad osservare ed interpretare una vasta gamma di segnali visivi destinati ad attirare la loro attenzione e/o trasmettere informazioni. I piloti di APR devono essere soggetti agli stessi requisiti pur non essendo a bordo dell'aeroplano.

### **3.3.3. La tecnologia**

In considerazione di questi fattori lo sviluppo di capacità di Comando e Controllo adeguate e di tecnologie "Sense and Avoid" adeguate, anche distribuite tra il segmento a bordo ed il segmento di volo, sono indispensabili per garantire dei requisiti prestazionali strettamente connessi alle responsabilità dell'equipaggio che opera gli APR. In questo contesto sarà importante sviluppare delle soluzioni tecnologiche complete che, tra l'altro, consentano di riconoscere e comprendere la segnaletica e l'illuminazione degli aeroporti, riconoscere i segnali visivi, individuare ed evitare il terreno, individuare ed evitare il maltempo, mantenere una distanza definita dalle nubi, garantire una separazione visiva da altri velivoli o veicoli ed evitare collisioni.

Sugli aeromobili tradizionali, molti sistemi e sottosistemi sono ridondati. Nel caso dei SAPR, è possibile prevedere lo stesso grado di ridondanza se non superiore per tutti i suoi elementi, l'APR, la remote station ed il data link. Nel caso di un SAPR il link tra il pilota e l'ATC comprende il link tra ATC e APR e tra ATC e remote station, entrambi da ridondare. Anche questo dovrà essere oggetto di ulteriori studi.

### **3.3.4. Nessuno a bordo**

Un altro punto fondamentale è che non si prevede la presenza di passeggeri a bordo degli UA, almeno per il prossimo futuro. Di conseguenza, è intendimento far decadere per gli UAS tutte le regole connesse alla presenza dell'uomo a bordo, come le regole per l'uso di cinture di sicurezza da parte dei passeggeri stessi e dei membri dell'equipaggio durante il decollo ed atterraggio, le caratteristiche previste per i windshields e di altri dispositivi di emergenza, pur riconoscendo che nel futuro potrebbero esserci passeggeri trasportati su UA.

### **3.3.5. L'hand over**

La Circolare preannuncia che dovranno essere adeguatamente indirizzati scenari peculiari degli UAS in cui può esserci un *hand over* tra piloti per il controllo del UA mentre l'aeromobile è in volo e che conseguentemente comporterà anche un *hand over* delle responsabilità. L'*hand over* potrà verificarsi tra piloti co-locali, per la stessa ground station, nella gestione dei turni di lavoro. Lo scenario aumenta di complessità allorché i piloti possono essere situati a migliaia di chilometri di distanza ed in Stati differenti. In tal senso, ogni UA deve essere sotto il controllo di un'unica remote station alla volta. Al riguardo, sarà necessario sviluppare dei protocolli e delle procedure operative che supportino l'*hand over* delle funzioni di pilotaggio tra diverse remote stations. Al contempo, sia i sistemi stessi dovranno essere in grado di sopportare il trasferimento automatico del data link di comando e controllo tra la stazione cedente e la stazione subentrante, sia dovranno essere implementate delle procedure in remoto tra gli equipaggi che consentano effettivamente di verificare la disponibilità del data link prima che venga ceduta all'autorità sul controllo dell'aeromobile alla stazione subentrante.

### **3.3.6. Le implicazioni per gli aeroporti**

È comunemente riconosciuto che l'integrazione degli APR nelle operazioni aeroportuali è una delle sfide più impegnative, per le difficoltà del pilota da remoto di identificare in tempo reale il layout fisico dell'aeroporto, di gestire la condotta in un ambiente congestionato, di individuare ed interpretare correttamente le segnalazioni in modo da manovrare l'aeromobile in maniera sicura e corretta. L'indicazione dell'ICAO è che gli APR dovranno essere in grado di operare secondo gli esistenti standard aeroportuali, senza che questi vengano significativamente cambiati, pur non escludendo e aprendo alla creazione di appositi aeroporti in grado di supportare operazioni con APR. L'Annesso 14 alla Convenzione, che esplicitamente si pronuncia in merito agli *aerodromes*, potrà subire delle modifiche in alcune aree peculiari per gli APR che non possono essere affrontate con le attuali disposizioni: l'applicabilità delle segnalazioni agli APR, l'integrazione degli APR con le operazioni di aeromobili con equipaggio nelle vicinanze e nelle aree di manovra di un aeroporto, la capacità degli APR di evitare collisioni e di seguire le istruzioni di ATC in aria o in zone di manovra, la necessità di osservatori a terra negli aeroporti per aiutare il pilota a distanza ad evitare collisioni, le implicazioni per i requisiti di autorizzazione all'interno delle infrastrutture aeroportuali degli APR e degli elementi a supporto (remote stations, sistemi per decollo/atterraggio o lancio/ recupero), i requisiti di salvataggio e antincendio per gli APR e le remote station, l'eventuale recupero degli APR in siti terzi.

La stessa sicurezza fisica è un aspetto di vitale importanza da tenere in considerazione: una remote station, simile per funzionalità e design ad un cockpit, deve essere allo stesso modo adeguatamente resa sicura da sabotaggi e manomissioni, anche tenendo conto della sua maggiore accessibilità ed esposizione.

### **3.3.7. Servizi di traffico aereo**

Anche le norme sugli servizi del traffico aereo, contenute all'interno dell'allegato 11, vanno applicate agli APR, sebbene certe specificità debbano essere affrontate.

Le regole di gestione del traffico aereo dovrebbero essere modificate per accogliere gli APR, e portare in conto delle loro caratteristiche di funzionamento, i vari tipi di APR possibili e le loro dimensioni, così come nelle variegata capacità di automazione e delle non tradizionali capacità IFR/VFR.

Dovranno essere considerate delle procedure di emergenza e dei contingency plan in concomitanza delle loro peculiari modalità di guasto (e.g. mancanza di collegamento C2) in occasione delle quali bisognerà gestire la discesa con paracadute, l'interruzione del volo, il loitering etc.

I servizi di controllo del traffico dovrebbero rimanere gli stessi di quelli attuali nella massima misura possibile, sia se un aereo pilotato da bordo sia che da remoto. In tal senso, l'introduzione degli APR non deve aumentare il rischio per altri aerei o terze parti e non dovrebbe impedire o limitare l'accesso allo spazio aereo, facendo in modo nel contempo, che le procedure di ATM rispettino quanto più possibile quelle per gli aeromobili con equipaggio. È chiaro che alcune procedure di ATM dovranno portare in conto che un pilota da remoto non può reagire e rispondere nella stessa maniera di uno a bordo (seguire un altro aereo, riportare le condizioni di volo, condizioni meteorologiche etc.)

Le comunicazioni air-to-ground tra pilota remoto e controllore non devono introdurre ritardi, l'accesso ad un canale in frequenza assegnato deve essere sempre possibile, non solo per le comunicazioni ATC, ma anche per fornire al pilota la capacità di monitorare il traffico voce sullo stesso canale e migliorare la propria situational awareness sulle posizioni ed intenzioni di altri velivoli, manned o unmanned.

È possibile che anche la fraseologia debba essere cambiata in modo che per aumentare la SA sia dei controllori del traffico aereo sia che di altri piloti sulla stessa frequenza, i piloti di APR si qualifichino con dei *voice call sign* specifici.

### 3.3.8. La certificazione

Il fatto che i velivoli a pilotaggio remoto non possano operare senza il segmento di supporto al sistema (la ground station ed il data link di Comando e Controllo al minimo) genera nuove implicazioni e maggiore complessità per il problema della certificazione, rispetto agli aerei con equipaggio. E' vero che l'ICAO postula che sia solo una remote station a poter controllare un UA, tuttavia non è da escludere che lo stesso UA possa non essere sempre controllato dalla stessa stazione da remoto e con lo stesso data link. Viceversa è probabile, e per la flessibilità d'impiego degli UAV anche auspicabile, che questi elementi saranno intercambiabili e, ad esempio, per le missioni a lungo raggio la stazione in remoto potrà essere cambiata durante il volo, o impiegata per il controllo di un altro UA, e che le componenti in gioco, come detto, si possano trovare in Stati diversi.

Se una degradazione di determinate performance (ad esempio sulla disponibilità del data link o sul transaction time tra ATC operator e remote pilot) potrebbe essere accettabile, ad esempio, su un transfer oceanico, viceversa potrebbe causare effetti catastrofici durante operazioni aeroportuali generalmente congestionate. In queste condizioni potrebbe essere necessario prevedere l'*hand over* del APR dalla home remote station ad una remote station di sito. Per questo motivo, volendo infuturare eventuali scenari d'impiego, potrebbe essere immaginabile che venga istituito un vero e proprio servizio commerciale di "remote pilot station operator", che nella fattispecie sarebbe responsabile in sede aeroportuale di operare dalla stessa remote station diversi di tipi di APR. Da un punto di vista operativo, utilizzare differenti remote station a seconda delle fasi di volo o del tipo di missione che si sta conducendo rende l'impiego estremamente flessibile ed il requisito desiderabile.

Da un punto di vista della certificazione e del controllo configurazione questi aspetti introducono delle complessità mai affrontate con i velivoli manned: uno stesso APR può essere controllato da diverse remote station, e viceversa, una stessa remote station può controllare diversi APR. In ultima analisi, APR e remote station potrebbero essere a tutti gli effetti considerate come entità separate e pertanto per la remote station dovrebbe essere previsto un nuovo certificato comparabile con il Certificato di Tipo ed uno simile al Certificato di Airworthiness, occorrerebbe istituire una misura di controllo delle configurazioni possibili "APR/remote station" e potrebbe essere necessario istituire un registro anche per le remote station stesse: un approccio che diverge in maniera significativa rispetto a quello tradizionale dell'Annesso 8 – Aeronavigabilità degli aeromobili.

In ogni caso a prescindere, l'ICAO ritiene che debba essere certamente sviluppato un metodo per certificare l'adeguatezza della connessione tra remote station/stations e l'APR. Tradizionalmente, i data link non vengono certificati, lo sono solo gli equipaggiamenti.

Nei possibili scenari d'impiego degli UAS, il data link sostituisce i "vecchi" cavi che collegavano i comandi di volo alle superfici di controllo e pertanto, come tali, le performance del data link e la loro QoS (Quality of Service) andranno considerate come parte integrante del processo di certificazione.

Tradizionalmente la posizione dei piloti di un velivolo con equipaggio è confinata all'interno di un cockpit, la presenza dell'equipaggio all'interno dell'aeromobile è essa stessa elemento importante e integrale per la certificazione di un aeromobile e per lo sviluppo di procedure di volo. Rimuovere il cockpit dall'aeroplano, apre nuove complessità, l'impatto delle quali non è ancora stato identificato.

Infine, se gli APR saranno destinati ad avere un sempre più crescente grado di autonomia e, conseguentemente, un enorme numero di variabili "comportamentali" e gradi di libertà, con i metodi attuali di V&V, Verification & Validation, non è possibile testare altro che una frazione molto piccola di questi. In "Technology Horizons"<sup>127</sup> si afferma che l'inviluppo completo di questi sistemi è intrinsecamente non verificabile con i metodi di oggi, e di conseguenza il loro comportamento non è certificabile. In considerazione del fatto che è stato riconosciuto che i sistemi autonomi rappresentano un importante strumento operativo e un moltiplicatore di forze, allora deve essere prestata notevole attenzione allo sviluppo di nuovi strumenti di V&V, ad esempio mediante il modello di Modeling & Simulation considerato come elemento di risk reduction durante la fase di progettazione ed ingegnerizzazione dei suddetti sistemi. La relativa velocità con cui questi sistemi si stanno sviluppando, in contrasto alle difficoltà nello sviluppare adeguati metodi certificativi, potrà creare un vantaggio asimmetrico per quei Paesi che possono impiegare questi sistemi con requisiti di certificazione più laschi.

### **3.3.9. Small Unmanned Aerial Vehicles**

I SUAS meritano un discorso a parte. L'introduzione degli UAS non genera alcun cambiamento rispetto alla distinzione tra aeromobili ed aeromodelli, questi ultimi generalmente riconosciuti come destinati a fini ricreativi, non rientranti nelle disposizioni della convenzione di Chicago e soggetti solamente ai regolamentazioni nazionali.

---

<sup>127</sup> Air Force Research Laboratory, - *Technology Horizons: A Vision for Air Force Science & Technology During 2010-2030* – Mag. 2010

EUROCONTROL in termini di ATM, avendo i SUAS dimensioni paragonabili a quelle degli aeromodelli, li considera pari a questi e, di conseguenza, verosimilmente, non ne richiede l'integrazione con altri utenti dello spazio aereo.

L'ICAO, a velivoli SUAS applica in effetti vincoli simili a quelli che attualmente governano il volo di aeromodelli: limiti in quota, operazioni in line-of-sight, esenzione da contrassegni e etichettature, responsabilità del S&A ad un osservatore a terra.

Nei casi in cui i SUAS debbano volare oltre VLOS, c'è ancora da sviluppare la tecnologia necessaria per soddisfare i requisiti di aeronavigabilità per lo spazio aereo all'interno del quale essi dovranno operare (e.g. transponder più leggeri), le regole (e.g. comunicazioni VHF da parte del pilota a terra?) e considerare tante altre implicazioni (e.g. come monitorare continuamente la frequenza aeronautica di emergenza).

### **3.4. La Dottrina**

Gli UAS posseggono tutte le peculiarità del Potere Aereo, le valorizzano e le rafforzano: quota, velocità, raggio d'azione, versatilità, flessibilità d'impiego, agilità. Se da un punto di vista tecnologico intrinsecamente si prestano quindi ad un impiego trasversale e dinamico negli scenari operativi odierni, esistono vincoli dottrinali e procedurali che complicano il loro impiego o perlomeno ne limitano le potenzialità.

Il mission re-tasking per operazioni intermedie tra supporto alle forze di terra e ISR solo aereo, piuttosto che l'hand over del controllo dalla componente aerea a quella terrestre non è ad oggi proceduralmente possibile. La NATO lo riconosce e sta lavorando sulle regole di Airspace Coordinations<sup>128</sup>. Attualmente l'impiego degli UAS è limitato a Restricted Operation Zones (ROZs), porzioni limitate di spazio aereo e promulgate all'interno dell'ACO (Air Control Order), da cui gli assetti manned generalmente restano fuori<sup>129</sup>. Quello che manca sono quindi le regole, regole che consentano un deconflicting dinamico con le operazioni manned, piuttosto che staticamente separare nelle dimensioni spaziali l'impiego di assetti manned da quelli unmanned.<sup>130</sup> Lo sviluppo della classe nano/micro introdurrà capacità mai disponibili finora, come quella di effettuare missioni di

---

<sup>128</sup> Hall, Hamer, The Journal of the Joint Air Power Competence Centre, NATO UAV Operations Capabilities and Obstructions to effective Use

<sup>129</sup> Lt. Com. C. T. Petrock, US Navy, *Unmanned Aircraft Systems: The Road to Effective Integration* - 2006

<sup>130</sup> JP 3-52, Joint Doctrine for Airspace Control in the Combat Zone." *Specific volumes of airspace need to be included in the ACO. Additionally, the ACO should provide times of activation of airspace for UAV operations*"

sorveglianza all'interno degli edifici o in spazi limitati, così come l'impiego di sistemi aviolanciati richiederà lo sviluppo della dottrina su come questi sistemi potenzialmente letali dovranno essere impiegati.<sup>131</sup> Il fatto che il data link necessario per il C2 del segmento aereo di una piattaforma UAS attraversa lo spettro elettromagnetico non è mai stato direttamente affrontato e quindi può non sorprendere se la maggior parte di eventi di perdita del data link derivino da interferenze in frequenza di forze amiche<sup>132</sup>. Considerando quanto personale è impiegato in teatro per produrre un Air Tasking Order (circa 1000), da quante unità è costituita una cella EW (circa 10) e quanti di questi vengono impiegati per la gestione ed il coordinamento delle frequenze (1, forse), siamo ben lontani dalla reale possibilità di produrre quello che dovrebbe essere un vero e proprio “*Frequency Tasking Order*”, di cui si avrebbe bisogno per gestire uno spettro elettromagnetico che è sempre più affollato, anche in operazioni come in Iraq ed Afghanistan in cui lo spazio aereo non è prettamente contestato<sup>133</sup>.

*Procedural deconfliction may be necessary to allow for the sheer number of smaller UAVs operating at lower altitudes. In combat airspace, larger RPAs that operate at higher altitudes where conflicts with manned aircraft are more likely must participate in the Air Tasking Order (ATO)/Air Coordination Order (ACO) process. However, responsive, agile integration procedures that permit rapid changes within the airspace must be developed as well, permitting RPAs and UAVs to enhance rather than hinder mission performance.*<sup>134</sup>

Tra l'altro non è detto che tutti gli UA possano essere presenti all'interno dell'ATO , specialmente quelli che operano al di sotto di una Coordinating Altitude generando un elevato rischio per i velivoli ad ala rotante o quelli ad ala fissa a bassa quota.

Gli eventi conseguenti la perdita imprevedibile del data link, la generale bassa osservabilità degli UA, non aiutano tecnologicamente a sopperire ai gap dottrinali, anzi li ampliano. Il fatto che assetti unmanned potrebbero essere decollati, e fuori teatro, ben prima dell'emissione di un ATO, determina la necessità di definire la catena di comando per le Remote Split Operations.

---

<sup>131</sup> United States Air Force – *Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009 – 2047 – 2009*

<sup>132</sup> U.S. Department of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030 - 2005*

<sup>133</sup> Wayne L. Shaw III, Lt Col, USAF, *Journal of Electronic Defense* , *USAF UAS Flight Plan: Opportunities and Implications for EW*, Ago. 2010

<sup>134</sup> The U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft and Unmanned Aerial Vehicle Strategic Vision, 14

L'integrazione delle componenti aeree con quelle di superficie si è rivelata finora decisiva in tutte le operazioni militari, sebbene uno spazio aereo relativamente permissivo come quello di Iraq ed Afghanistan non abbia imposto un'urgenza nel definire una struttura di C2 rigorosa per le operazioni con assetti unmanned. In futuri scenari in cui la minaccia aerea potrebbe essere più credibile ed organizzata (Iran, Cina quelle tradizionalmente più accreditate), bisognerà andare oltre la *current practice* e fare qualcosa in più che inglobare le attività degli UAS nell'ATO<sup>135</sup>. Ci sono operazioni con obiettivi meno importanti che possono essere gestiti a livello tattico, operando in line-of-sight UAS che sono *local-capable*. Ma ci sono UAS che sono *theatre-capable*, che devono fare parte di una struttura integrata di Comando e Controllo centralizzata sotto l'autorità del JFC.<sup>136</sup>

*The dynamic nature of the joint operational environment for which UAS are employed in Afghanistan and Iraq indicate a need for centralized command and control to ensure functional integration (intel, ops and communications) that prioritizes UA sensing operations support.*<sup>137</sup>

Tra l'altro le possibilità fornite dalla disponibilità di avere *near real time* da più fonti la completa Situational Awareness di teatro, in ultima analisi consentirà a giuristi, politici ed ai leader militari di accedere agli stessi feed video nello stesso momento e prendere le decisioni più giuste.

Le soluzioni proposte dunque vanno nella direzione di individuare un'unica organizzazione in grado di sviluppare, coordinare ed implementare delle procedure e fornirle ad un'autorità centralizzata per la gestione delle componenti, manned ed unmanned, a supporto di tutte le Forze per obiettivi di teatro.

La dottrina corrente, pur essendo agnostica rispetto ad ogni tipo di tecnologia e piattaforma, con il proliferare degli assetti unmanned, soprattutto per operazioni in scenari che non saranno propriamente incontestati, dovrà includere in versioni future degli elementi dottrinali in merito alla progettazione, integrazione, coordinamento, ed esecuzione delle operazioni che potranno essere condotte da sistemi "*MQ-X like*" con capacità multipurpose.

---

<sup>135</sup> UAS Research, *Policy and Doctrine Impacts of Semi & Full Autonomous ISR & Weaponized RPA*, 2010

<sup>136</sup> Lt. Gen. David Deptula USAF Deputy Chief of Staff for ISR.

<sup>137</sup> U.S. Department of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030 - 2005*

L'intero spettro di impiego degli UAS, dal tattico (e.g. tattiche non lineari di dispersione/swarming) allo strategico (Electronic Attack, Air-to-Air Refueling, High Value Target, etc), necessita dunque che la dottrina venga rivista per l'allocation della capacità decisionale, dal Joint Force Commander fino agli organici, e per un apportionment spaziale e temporale più flessibile dello spazio aereo che consenta l'integrazione effettiva tra assetti manned ed unmanned.

### **3.5.C4I: data link e bandwidth**

Spostare l'equipaggio dal velivolo alla remote station, non significa altro che appoggiarsi sullo spettro elettromagnetico per operare l'aeromobile efficacemente ed in modo che sia salvaguardata l'incolumità di tutti gli stakeholders del sistema spazio aereo, incluso il "terzo sorvolato". L'uso dello spettro elettromagnetico è necessario anche per acquisire e trasmettere dati dal velivolo per l'accomplishment della missione. In generale, le operazioni degli UAS in line-of-sight o beyond-line-of-sight richiedono l'utilizzo di un data link, terrestre o satellitare, per supportare le funzioni di Comando e Controllo (C2), le funzionalità di Sense & Avoid (S&A) e le operazioni di data acquisition e dissemination.

Si è passati dal concetto di fly-by-wire in cui il pilota a bordo controllava le superfici di governo di un aeroplano ad un sistema fly-by-wireless<sup>138</sup>.

Anche la funzione di ATC relay (voce e dati) non deve essere trascurata. In uno spazio aereo non segregato è il controllore del traffico che fornisce indicazioni ed informazioni di estremo ausilio per il pilota in taxi, decollo, per la condotta del volo, in aerovia, il controllore aiuta il pilota a manovrare per evitare altro traffico, lo assiste nell'approach e landing. Il data link, di Comando e Controllo (C2), se si considera un UAS stand alone, pertanto deve portare in conto anche le comunicazioni con l'ATC (Air Traffic Control), fondamentale perché sulla base delle direttive ATC il pilota deve avere sempre possibilità di *override* sul sistema.

Tuttavia, nessuna delle direttive del controllore impedisce al pilota di impiegare una manovra evasiva per evitare, ad esempio, una collisione in volo con un oggetto sconosciuto, basata sui feed video trasportati sullo stesso data link. L'hands-on del pilota

---

<sup>138</sup> A. Lacher, D. Maroney, K. Markin, *High-Level Alternatives for Integrating Unmanned Aircraft into Civil Airspace* – Giu.2008.

ovviamente riguarda anche eventuali collisioni con il terreno e altri ostacoli pericolosi (e.g. linee elettriche). Vanno anche tenuti in conto i protocolli e le procedure da seguire, ad esempio, allorchè il data link viene perso: un UAV che va in quota o in loitering senza alcun coordinamento con l'ATC, non si presta esattamente alla sua integrazione nel sistema spazio aereo attuale.

Per il segmento di data link, dunque a tutti gli effetti un segmento C4I (Command, Control, Communications, Computing and Military Intelligence Processing.), è necessario quindi dimensionare la larghezza di banda necessaria per poter operare, vanno definite le latenze per operazioni in LOS e BLOS, deve essere concordata una specifica allocazione delle operazioni UAS all'interno dello spettro elettromagnetico, in maniera consistente con le necessità di assicurare l'integrità e la disponibilità di questo data link e la sua immunità da interferenze esterne. Questi aspetti sono estremamente determinanti per i sistemi UAS.

Basti pensare che la mancanza di una capacità matura di Sense & Avoid verso altro traffico, può diventare ancor più critica se associata alla vulnerabilità o alla perdita del data link tra segmento di terra e segmento di volo: in più di un'occasione<sup>139 140 141</sup> un Predator è stato perso a seguito d'interruzione del data link. Se da un punto di vista di aeronavigabilità, è necessario che la capacità di S&A, in termini di prestazioni, sia almeno equivalente a quella di un sistema con equipaggio umano, allora la capacità di S&A potrebbe essere implementata mediante il ricorso a full motion video in tempo reale. Poiché immagini e video full motion occupano ben più banda di quanto non facciano le comunicazioni vocali, gli impatti operativi della larghezza di banda necessaria per supportare lo spettro completo delle operazioni UAS sono tali da poter realmente limitare la flessibilità operativa nell'impiego di queste piattaforme.

Nello UAS C3 Channel Saturation Study di EUROCONTROL<sup>142</sup>, è stato stimato che per trasmettere video a risoluzione di un pixel per minuto d'arco (non elevatissima, quella di un Iphone, ad esempio, è tre volte superiore) su un Field of Regard di 240° in azimut e 60° in elevazione, pur facendo ricorso alle odierne tecniche di compressione per video Full HD, sarebbe necessario un data rate di 311 Mbps. Valori di questo tipo sono ben oltre quelli tecnologicamente disponibili. Senza contare che si dovrebbero estrarre informazioni sulla

---

<sup>139</sup> David A. Fulghum, Aviation Week & Space Technology "The War at Home" - Set. 2005

<sup>140</sup> Defense Daily "Operator Error Cited in Predator Crash." no. 23 Feb. 2001

<sup>141</sup> Lt.Com. C.T. Petrock, Naval War College, *Unmanned Aircraft Systems: The Road To Effective Integration* – Feb. 2006

<sup>142</sup> EUROCONTROL, EUROPEAN AIR TRAFFIC MANAGEMENT PROGRAMME, *UAS C3 Channel Saturation Study* – Apr. 2010

distanza di oggetti a partire da frame bidimensionali, e che pertanto sarebbe necessaria l'integrazione con sensori di ranging.

Se, per scopi militari, verranno adottati equipaggiamenti come Gorgon Stare ([Fig. 27](#)) che per operazioni di Wide Area Surveillance utilizza una serie di cinque sensori elettro-ottici e quattro a infrarossi per sorvegliare di giorno e di notte zone grandi quanto una intera città e se le attese di introdurre quanti più sistemi unmanned (anche civili) non verranno tradite, la situazione sarà ancor più esacerbata.

Certamente migliorare le capacità di autonomia e di processing on board, potrebbe ridurre la necessità di trasmettere flussi enormi di dati agli analisti fuori teatro, anni or sono dell'ordine dei megabyte, oggi dei terabyte crescente verso i petabyte di dati raccolti.<sup>143</sup> Ogni giorno negli Stati Uniti devono essere processate oltre 1500 ore di full motion video e 1500 immagini<sup>144</sup> la maggior parte provenienti da missioni ISR di Predator e Reaper. Attualmente, per evitare di trasmettere BLOS queste notevoli quantità di dati, è stato spostato personale aggiuntivo on field per permettere che i dati siano filtrati e analizzati sin da subito e "In loco", invece di conservarli per poi studiarli negli Stati Uniti.

C'è quindi l'urgente bisogno di capire quando è necessario trasmettere video dall'UA al remote pilot. Come distillare questa enorme quantità di video è ancora in discussione e materia di ricerca e sviluppo. E' necessario dunque lavorare sulle risoluzioni necessarie, sui requisiti desiderati per le varie fasi di volo, sulle tecniche di compressione<sup>145</sup> video.

A proposito di quest'ultime vanno anche dimensionate in relazione alle latenze da rispettare. Nello studio di EUROCONTROL sono stati definiti dei worse case scenario, in cui si sono ipotizzati delle situazioni di traffico a densità incrementale per gli anni 2020, 2030 e 2050.

Tra i tipi di utilizzi possibili del data link (C2, ATC, S&A) sono stati individuati 4 livelli di priorità tra real-time safety critical information, ad esempio per le fasi di take off e landing, a non-safety critical information, con ciascuno associato dei livelli di latenza ammissibili.

---

<sup>143</sup> S. Fontaine, Air Force Times, *UAV autonomy limits flexibility* - Ott. 2010

<http://www.airforcetimes.com/news/2010/10/air-force-uav-autonomy-101610w>

<sup>144</sup> E. Bumiller, T. Shanker, *War evolves with drones, some tiny as bugs* – Giu. 2011,

[http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?\\_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles](http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles)

<sup>145</sup> Alessandro Greco - Ce.Mi.S.S. 2009 - Performance evaluation of SAR image compression techniques: application to COSMO-SkyMed data - [http://www.difesa.it/smd/casd/istituti\\_militari/cemiss/pubblicazioni/news206/2009-06/Pagine/Performance\\_evaluation\\_of\\_SAR\\_image\\_10350data.aspx](http://www.difesa.it/smd/casd/istituti_militari/cemiss/pubblicazioni/news206/2009-06/Pagine/Performance_evaluation_of_SAR_image_10350data.aspx)

Sempre secondo lo studio, attualmente le latenze del segmento satellitare sono dell'ordine dei 0.27 s, superiore ai 130ms che è la massima latenza permessa per la trasmissione real-time di informazioni safety critical, ad esempio per le fasi critiche di take off e landing o per la collision avoidance. Molto del lavoro necessario è dettato dalla necessità di ridurre le latenze o più in generale la dipendenza da attività time critical (ad esempio tramite maggiori capacità di autonomia) e la relativa banda necessaria.

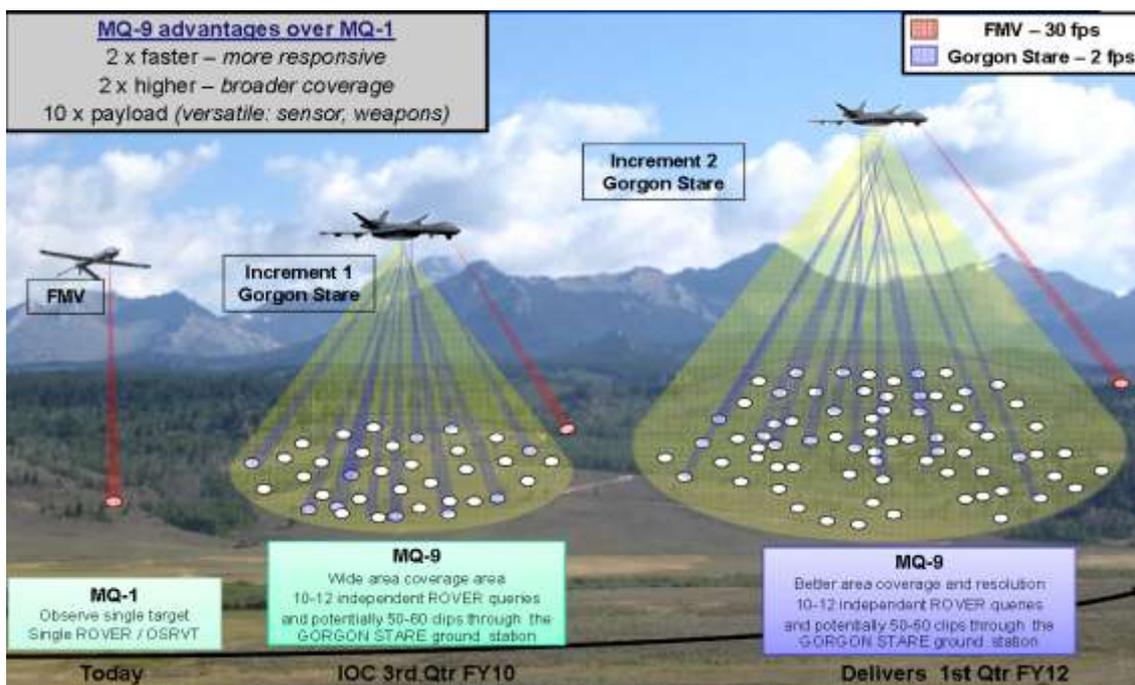


Fig. 27 – Gorgon Stare<sup>146</sup>

<sup>146</sup> USAF RPA Update, *Looking to the Future* - June 2011

Ci sono diversi studi in merito all'allocazione di frequenze aeronautiche ed al dimensionamento della larghezza di banda necessaria per le operazioni UAS.

Nel 2012 ci si augura che verrà fatto un passo decisivo verso l'armonizzazione delle frequenze su scala mondiale per gli UAS, armonizzazione che figura nel programma della World Radio Communication Conference del 2012, organizzata dalla International Telecommunication Union (ITU), volta a permettere lo sviluppo di questo settore aeronautico e servirà a coordinare a livello internazionale le frequenze utilizzate per la comunicazione tra gli UA e le remote station in LOS o BLOS. Solo attraverso l'armonizzazione delle frequenze su scala mondiale per gli UAS vi sarà la possibilità di volare accanto ai velivoli convenzionali secondo le regole del General Air Traffic (GAT) o in OAT (Operational Air Traffic), secondo regole concordate tra le Autorità ATC militari e civili, generalmente limitati ai voli nazionali. La European Defence Agency con lo Study On Military Spectrum Requirements for the Insertion of UAS Into General Air Traffic (SIGAT) ha fatto anch'essa una stima. In particolare ha proposto tre opzioni di scelta per volare nel GAT che costituiranno raccomandazioni per la Conferenza del 2012: usare le bande aeronautiche di uso corrente, o le bande commerciali rese disponibili dalle costellazioni satellitari esistenti in banda Ku per la trasmissione dei servizi televisivi (ICAO non compliant), o optare per una migrazione di una parte delle bande commerciali in bande aeronautiche. Un'altra alternativa sarebbe operare sulle bande aeronautiche esistenti e volare nei limiti dell'OAT.

In passato i limiti del Common Data Link non erano mai stati un problema, poiché gli UAV operati in aree relativamente piccole erano una manciata. La domanda così crescente di operazioni ISR con gli UAS ha fatto sì che tutti i limiti del CDL venissero fuori.

La crescente migrazione verso il Tactical Common Data Link (TCDL) consentirà di avere un formato di comunicazione jam resistant e con caratteristiche di low probability of detection, cifrato ed in grado di supportare data rates ben più alti (e.g. 1544 Mb/s). L'utilizzo del TCDL andrà armonizzato anche con le esigenze del traffico unmanned civile, che, come visto con l'esempio del SIGAT, viene seriamente preso in considerazione anche dalle Autorità militari. Lo spettro elettromagnetico è estremamente affollato e la banda a disposizione non è appunto infinita. Il futuro impiego e il valore degli UAV deve essere valutato a fronte di impiego operativo reale che ad oggi indica che, in teatri come l'Iraq, nonostante la possibilità di avere più UA in volo contemporaneamente, una carenza

di frequenze radio con cui controllare a distanza le piattaforme spesso riduce il numero ad un solo UA alla volta.<sup>147</sup>

In conclusione, assumendo il principio generale di equivalenza con gli aeromobili manned, il data link dovrà avere alta disponibilità, integrità, resistenza a jamming, bassa probabilità di detection, dovrà operare nello spettro aeronautico con un'ampiezza di banda sufficiente e con un'efficienza spettrale da poter incontrare i requisiti futuri delle operazioni degli UAS, che potranno essere operativi in senso stretto ed anche certificativi per esigenze di capacità S&A equivalenti agli assetti manned. Il data link dovrà avere la capacità di permettere pieno controllo del segmento di volo da terra, in tutte le condizioni operative ed in tutte le modalità di funzionamento sia LOS che BLOS. Dovrà fornire adeguata situational awareness, dovrà fornire le necessarie interazioni con l'ATC, dovrà necessariamente disporre di un modo d'operazioni secure per prevenire il controllo non autorizzato dell'UA in ogni fase del volo.

### **3.6. Common Ground Control Station**

Oggigiorno gli UAS, militari e civili, sono tipicamente sistemi proprietari, ovvero sistemi in cui tutti i principali componenti sono realizzati da un solo fornitore e gli standard a cui eventualmente aderiscono sono spesso specifici per quel sistema e sviluppati dal fornitore stesso. E' certa e garantita l'integrazione, sebbene la roadmap tecnologica dei sistemi è confinata al vendor stesso; è vero che c'è un unico System Design Responsible a cui ascrivere ogni responsabilità, ma i costi sono maggiori poiché non c'è nessuna concorrenza e non è possibile sfruttare le attività R&D di ricerca e sviluppo condotte presso le piccole imprese.

Se i bilanci della Difesa, a livello mondiale, sono sempre più soggetti a pressioni e tagli consistenti, il risultato è una rinnovata spinta per le architetture aperte, per tagliare i costi e i tempi necessari allo sviluppo o ad eventuali update, per abbassare le barriere ed aprire alla concorrenza. Nei sistemi aperti, i principali componenti aderiscono a standard e possono essere sostituiti da componenti realizzati da altri fornitori, da terze parti. Il fatto di non avere un fornitore esclusivo favorisce la competitività tra le aziende, la portabilità, l'interoperabilità, a fronte di costi più bassi, veloci cicli di adozione di nuove capacità, costi

---

<sup>147</sup> U.S. Department of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030* - 2005

di upgrade e cura dell'obsolescenza principalmente determinati dallo sviluppo di nuovo software. Con un sistema aperto e con uno standard definito è certamente più semplice sviluppare con un partner terzo qualcosa che funzioni in un sistema di cui non è proprietario ma di cui è noto lo standard: è il cosiddetto approccio *best of breed*, il meglio della razza. A scapito eventualmente di problemi di integrazione e nella difficoltà ad assegnare le responsabilità.

L'acquisizione di un solo UA può richiedere l'acquisto di un numero significativo di GCS: oltre a quelle effettivamente operative, anche i test bed per le attività di system integration, il flight test, le scorte, il training. La visione del Dipartimento della Difesa Statunitense è che acquistando nuovi aerei senza pilota non dovrà essere necessario acquistare nuove stazioni di terra, poichè con architetture C2 aperte, sarà possibile da una stessa remote station operare molteplici tipi di aeromobili anche impiegati in domini diversi (e.g. UAS dei gruppi dal 2 al 5). In ragione di questo, nel febbraio 2009, è stato istituito un UAS Control Segment Working Group, a composizione interforze, con lo scopo di sviluppare un architettura comune, interfacce standard, l'uso di software open source o di proprietà governativa.<sup>148</sup>

Il punto di partenza è stato la STANAG 4586 Edition 1 rilasciata nel 2004, che ruotava intorno ad un Core UAV Control System (CUCS). Pochi anni dopo lo stesso CUCS è visto come un blocco monolitico da frazionare in moduli *middleware*, più semplici e dedicati, per le funzioni di mission planning, controllo dei sensori, armamento, comunicazioni, display. Sono state già rilasciate una versione 1.0 e 2.0 dell'architettura come versioni di concetto. La versione 2.1, il cui rilascio è previsto per dicembre 2011, è ristrutturata e ampliata e comprenderà le specifiche finali di un'architettura aperta per i sistemi Gray Eagle, Predator/Reaper, Broad Area Maritime Surveillance (BAMS), Global Hawk e Fire Scout e ingloberà anche gli sforzi di normalizzazione della STANAG 4586, di cui è stata rilasciata una seconda edizione nel maggio 2011<sup>149</sup>, e della "Common Mission Control Center UAS Command and Control Standards Initiative (UCI)".<sup>150</sup> L'architettura è stata progettata per essere distribuita su tre tipi di sistemi: su un laptop, su una stazione mobile delle dimensioni di un camion, o su una struttura fissa, come un centro di comando e controllo.

---

<sup>148</sup> Joint Unmanned Aircraft Systems Center of Excellence, UAS News Digest, *Open Architecture Efficiencies in the Development of DoD UAS Ground Control Stations (GCS)* – Giu. 2011

<sup>149</sup> STANAG 4586 NAVY (EDITION 2) - *Standard interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV interoperability* – Mag. 2011

<sup>150</sup> Consortium for Robotics and Unmanned Systems Education and Research, *Services call for UAS programs to align with DOD'S open architecture* – Set. 2011

Il lavoro ruota intorno alla definizione di uno standard ed alla definizione di interfacce aperte che consentano ad ogni compagnia di sviluppare le proprie funzionalità. Il risultato è che Raytheon sta sviluppando la Universal Ground Control System (UGCS), la Boeing il suo Common Open Mission Management Command and Control (COMC2). Per Boeing dunque la sfida sarà dimostrare che con il COMC2 è in grado di operare il Phantom Eye, HALE ad idrogeno, lo Scan Eagle, l'A160 Hummingbird ad ala rotante, il subacqueo Echo Ranger da una stessa remote station.<sup>151</sup> Lo US Army ha appena terminato una esercitazione ribattezzata MUSIC (Manned Unmanned Systems Integration Concept) in cui sono stati dimostrati i progressi che si stanno compiendo nell'affiancamento tra le tecnologie automatizzate e quelle che hanno ancora bisogno di un occhio e di una mente umana ([Fig. 28](#))<sup>152</sup>, sebbene non si sia visto quello che forse ci si aspettava, ovvero controllare un unmanned dalla cabina di pilotaggio. In ogni caso è stata una vera e propria vetrina di interoperabilità: ad esempio, dalla stessa Universal Ground Control Station, con lo stesso hardware e lo stesso software, sono stati controllati Gray Eagle (prodotto da General Atomics), Shadow (AAI) e Hunter (Northrop Grumman). Analogamente, nel segmento Mini, con la stessa Mini-Universal Ground Control Stations (M-UGCS) è stato possibile controllare sia Raven che Puma, ma anche su tre data link diversi, operare indipendentemente i tre sensori EO/IR (elettro-ottici/infrarosso) del Gray Eagle grazie alla funzionalità cosiddetta TRICLOPS ([Fig. 29](#)). Infine lo stesso One System Remote Video Terminal (OSRVT) è stato impiegato per ricevere video in streaming dai piccoli Raven e Puma, insieme a quelli dei manned Apache e Kiowa e, a bordo di questi, lo stesso OSVRT fungendo da relay ha dimostrato la sua capacità di ritrasmettere a terra il video ricevuto dagli unmanned, aumentando così il range per la ricezione di video da parte delle forze di superficie.

E' chiaro che l'interoperabilità va estesa anche al segmento di superficie o a sistemi ad ala rotante. Ad esempio, dalla stessa ground station si potrebbe voler controllare prima un UA ad ala fissa per sfruttarne le proprietà di endurance per individuare un eventuale hot spot in cui successivamente impiegare un elicottero per sfruttarne le sue capacità di manovrabilità, quindi impiegare un UGV ad esempio per la ricerca di IED (Improvised Explosive Device).

---

<sup>151</sup> G. Warwick, Aviation Week, *Open Systems Could Cut Costs As Budgets Shrink* – Ago 2011

<sup>152</sup> U.S. Army, Manned Unmanned Systems Integration Concept - Ott. 2011, <http://2011music.org/>

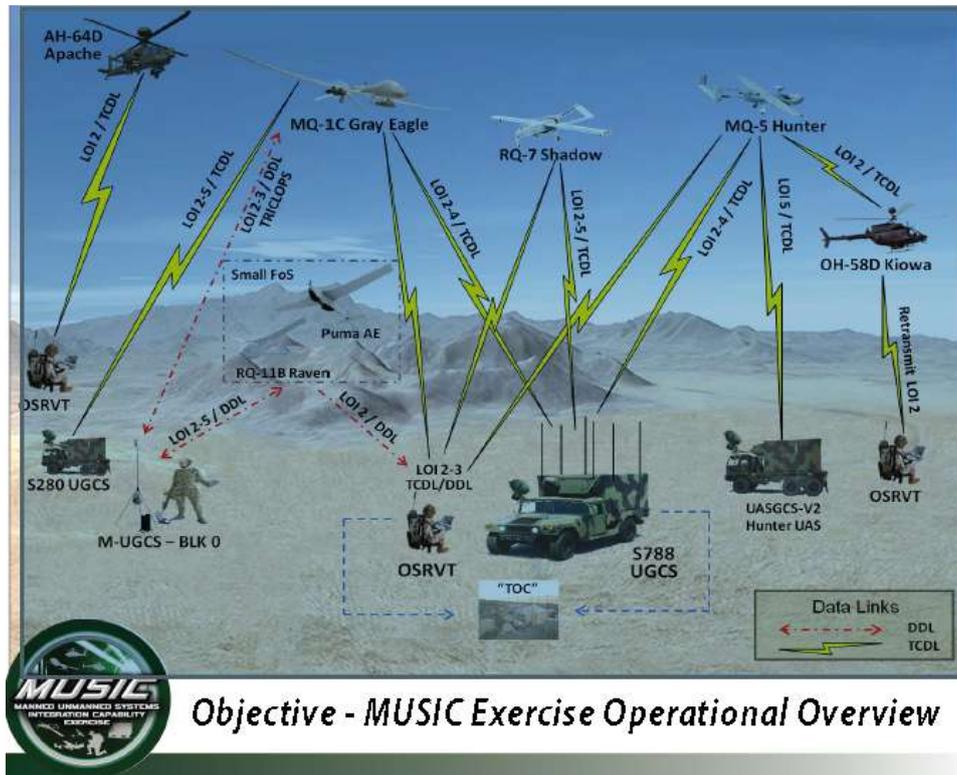


Fig. 28 – Manned Unmanned Systems Integration Concept (MUSIC)<sup>153</sup>

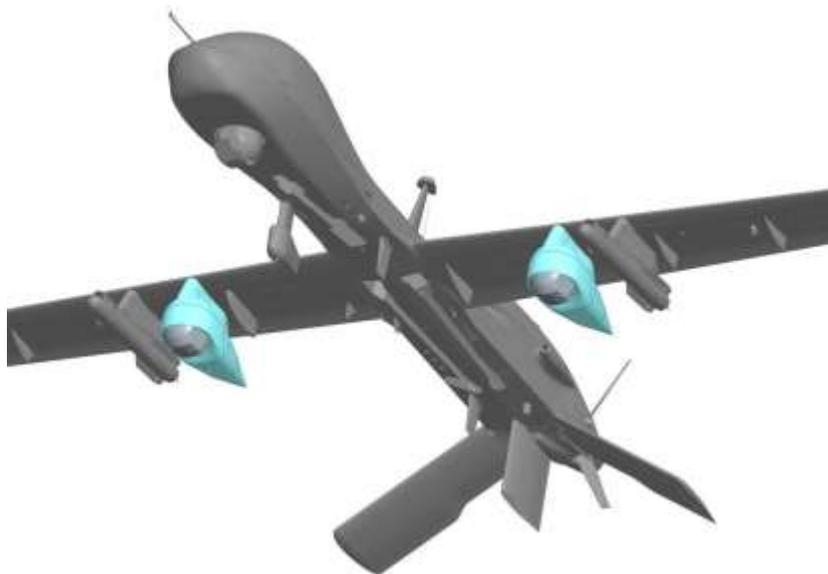


Fig. 29 - Gray Eagle con 3 sensori EO/IR<sup>154</sup>

<sup>153</sup> U.S. Army, Manned Unmanned Systems Integration Concept - Ott. 2011, <http://2011music.org/>

<sup>154</sup> Aviation Week: Triclops - Three Eyes Are Better than One  
<http://www.aviationweek.com/aw/blogs/defense/index.jsp?plckController=Blog&plckScript=blogScript&plckElementId=blogDest&plckBlogPage=BlogViewPost&plckPostId=Blog:27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7Post:46257d55-d751-46e0-bfc6-09d454f7ebd5>

La strategia di muoversi verso architetture sempre più aperte, modulari, plug and play, scalabili, interoperabili, rappresenta un importante cambiamento anche per la definizione dei requisiti dei sistemi di futura acquisizione: il modello non è più platform-centric, non è più importante solo come funziona un sistema, ma anche come si integra con gli altri sistemi e con la rete in cui, già da tempo, le Forze sono joint e combined.

### **3.7. Micro Aerial Vehicle, Open Source, iPhone e privacy**

Entro il 2015 potrebbero esserci oggetti volanti di pochi centimetri e pochi grammi di peso - le dimensioni di un grosso insetto insomma - capaci di volare in maniera semi-autonoma per una settimana ed in grado di rilevare la presenza di armi di distruzione di massa.

Nel 2030 gli stessi pseudo insetti potrebbero volare indisturbati in scenari estremamente diversificati come quelli metropolitani ([Fig. 30](#)), entrare ed uscire dagli edifici ([Fig. 31](#)), avere capacità di tracking e targeting. Ancora una volta non è *science fiction*, ma la vision strategica del US Air Force Research Laboratory per i Micro Aerial Vehicle, definiti come *“air vehicles ranging from medium bird size to large insect size where conventional aerosciences are insufficient for design and development, and where the effects from scaling become predominant”*. Sono certo che i MAV testimonieranno l'evoluzione dalle scienze aeronautiche tradizionali, come la meccanica del volo e la gasdinamica, alla fusione di non una, ma almeno cinque core technology: la nanotecnologia, la biotecnologia, la robotica, la tecnologia dell'informazione e della comunicazione (ICT, Information and Communication Technology) e le scienze cognitive applicate. L'evoluzione di queste tecnologie è imprevedibile, così come è imprevedibile come queste si integreranno tra loro. Nelle prossime pagine farò qualche esempio.



Fig. 30 – MAV in scenari metropolitani (AFRL)<sup>155</sup>

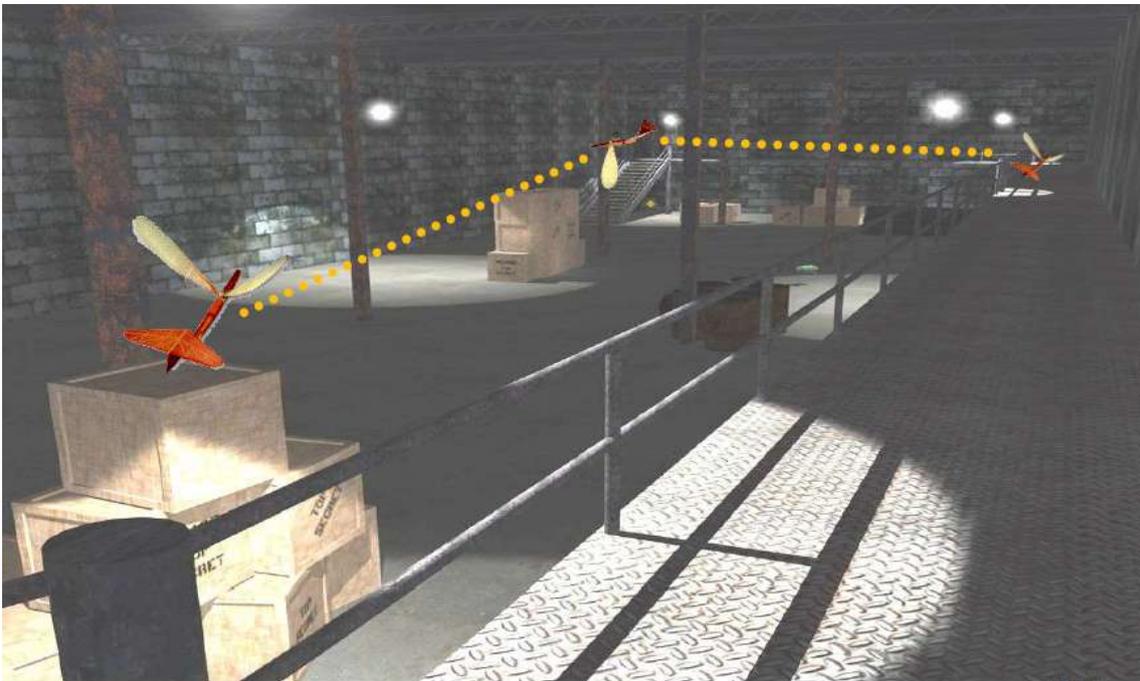


Fig. 31 – Impiego dei MAV all'interno di edifici (AFRL)<sup>156</sup>

<sup>155</sup> M. Miller, Air Force Research Laboratory, *Collaboration for the Future* – Giu. 2011

<sup>156</sup> Ibid.

Nella primavera del 2011 l'Aeroviroment ha dato alla luce l'Hummingbird ([Fig. 32](#)), letteralmente colibrì, un prototipo di Nano Aerial Vehicle che di un colibrì ha tutto: il peso, 19 grammi, l'apertura alare, di 16 cm, il battito di ali, la livrea, che la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) ha voluto con le stesse sembianze dei pigmenti e delle lamelle del trochilide per testimoniare le proprietà bio-mimetiche, e con le stesse eccezionali capacità di volo, che gli consentono di volare anche all'indietro. L'Hummingbird è in grado di volare a velocità fino a 11 miglia all'ora per dieci minuti ed usa solo il battito delle sue ali come propulsione, per ruotare a 360° e per lo steering, cambiandone l'angolo di attacco. Ed è in grado anche di restare in hovering in maniera *autonoma*.<sup>157</sup> Certo è che l'Hummingbird è ancora un prototipo, non propriamente economico e spendibile visto che è costato 4 milioni di dollari al Pentagono ed uno sviluppo di 5 anni<sup>158</sup>. Ma per questo tipo di sistemi lo sviluppo non si fermerà qui: nella base di Wright-Patterson in Ohio, è stata allestita una vera e propria "voliera"<sup>159</sup>, che altro non è che un laboratorio imbottito di fotocamere ad alta velocità per catturare ogni più piccolo movimento, le forze prodotte, le deformazioni strutturali, e decine di sensori di tracking per monitorare i flight test di questi sistemi<sup>160 161</sup> (Perché il flight test di questi sistemi, si fa al coperto).

Recentemente, nel giugno 2011, l'esercito americano ha firmato un contratto da 4,9 milioni di dollari per la fornitura di dozzine di Switchblade che saranno impiegati dalle truppe in Afghanistan. Lo Switchblade, pesa due chilogrammi, è trasportato in un grosso zaino, e può essere lanciato da un piccolo tubo che fa da rampa. Spinto da un piccolo motore elettrico, è dotato di una videocamera che trasmette immagini in tempo reale al soldato che lo controlla. In questo modo il militare può verificare la presenza di una minaccia e neutralizzarla usando lo Switchblade. Il velivolo si schianta sul bersaglio e fa detonare la carica esplosiva che trasporta. Per aumentare l'effetto sorpresa, il soldato può spegnere il motore nella fase finale, planando silenzioso come un aliante sul bersaglio<sup>162</sup>.

---

<sup>157</sup> E. Ackerman, IEEE Spectrum, AeroVironment's Nano Hummingbird Surveillance Bot Would Probably Fool You – Mar. 2011, <http://spectrum.ieee.org/autoton/robotics/military-robots/aerovironments-nano-hummingbird-surveillance-bot-would-probably-fool-you>

<sup>158</sup> W.J. Hennigan, Los Angeles Times, *It's a bird! It's a spy! It's both* – Feb. 2011,

<http://articles.latimes.com/2011/feb/17/business/la-fi-hummingbird-drone-20110217>

<sup>159</sup> <http://www.nytimes.com/interactive/2011/06/20/world/military-tech.html?ref=world>

<sup>160</sup> New York Times Official Website, *From blimps to bugs: the miniaturization of drone technology* – Giu. 2011,

<http://www.nytimes.com/interactive/2011/06/20/world/military-tech.html?ref=world>

<sup>161</sup> Wright Patterson Air Force Base Official Website,

<http://www.wpafb.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=17006> – Lug. 2010

<sup>162</sup> G. Olimpio, *Gli USA adottano il drone kamikaze* – Ott. 2011, [http://www.corriere.it/esteri/11\\_ottobre\\_18/drone-kamikaze-esercito-usa\\_fd81c9a8-f95a-11e0-bc4b-5084eabf7820.shtml](http://www.corriere.it/esteri/11_ottobre_18/drone-kamikaze-esercito-usa_fd81c9a8-f95a-11e0-bc4b-5084eabf7820.shtml)



Fig. 32 – Hummingbird dell'Aeroviroment<sup>163</sup>

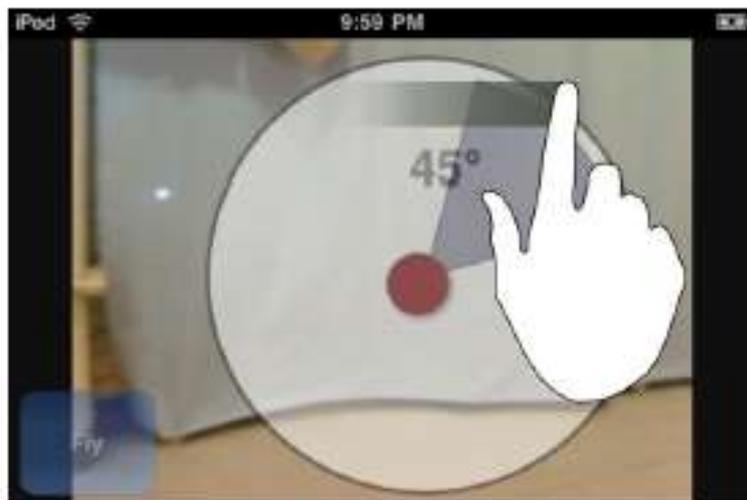


Fig. 33 – Controllo di un MAV da iPhone<sup>164</sup>

<sup>163</sup> <http://www.avinc.com/nano>

<sup>164</sup> D. Pitman, Massachusetts Institute of Technology, *Collaborative Micro Aerial Vehicle Exploration of Outdoor Environments* – Feb. 2010

Di certo, le capacità bio-mimetiche o comunque l'effetto sorpresa generato da questi microscopici sistemi verrebbe meno se venissero controllati da una ground station shelterizzata. La Control Station per questa classe di sistemi va quindi sempre più pensata come un'applicazione software che può funzionare su qualsiasi piattaforma, dai tablet, ai palmari, ai telefonini. Sistemi open source sono ampiamente utilizzati nel mondo commerciale: Google, con il suo circuito Android, nel 2010 ha raggiunto quasi 130mila apps e non è un caso che la USAF stessa citi che in poco più di qualche anno sono state sviluppate oltre 300.000 applicazioni per Apple Iphone.<sup>165</sup> Tutti pazzi per la casa di Cupertino ed i suoi gioielli dunque, anche la USAF. Al Massachusetts Institute of Technology è stata sviluppata un'applicazione su Iphone per il controllo a distanza di un Micro Aerial Vehicle<sup>166</sup>. Sfruttando l'accelerometro all'interno del telefono, muovendolo su e giù, a sinistra e destra, è possibile comandare in maniera precisissima il movimento del MAV. Lo schermo multi touch poi, consente al sistema di ruotare (**Fig. 33**). L'esercito statunitense sta valutando di adottare tecnologie commerciali per applicazioni militari: tecnologie come iPad, iPhone favoriscono la portabilità, abbassando i costi<sup>167</sup>. Raytheon sta sviluppando soluzioni specificamente progettate per iPhone: una applicazione per la Situational Awareness che consenta di essere immediatamente aggiornato sullo stato di una determinata zona, con informazioni sui nemici presenti sul campo e sugli eventuali obiettivi, basata sugli standard di messaggistica militare, point of interest, sms, pianificazione collaborativa e chiamate d'emergenza (**Fig. 34**).<sup>168</sup> <sup>169</sup> L'esercito di Singapore sta pensando di dotare i propri soldati di un Ipad2.<sup>170</sup> Nel Regno Unito la piattaforma Ipad viene correntemente utilizzata con delle app dedicate per il training dell'Army (**Fig. 35**)<sup>171</sup>. Secondo gli sviluppatori, queste applicazioni ridurranno di molto i costi di attrezzature e addestramenti militari, soluzioni ritenute costo efficaci in periodi di tagli di budget alla Difesa. Sia perché effettivamente hanno costi contenuti dell'ordine delle centinaia di euro, irrisori rispetto ai tradizionali cosciali. Sia perché molti soldati già usano da tempo questo genere di dispositivi, non sarebbe complicato per loro imparare ad usarli

---

<sup>165</sup> Col. J.R. Gear, USAF - *USAF RPA Update – Looking to the future* – Giu. 2011

<sup>166</sup> D. Pitman, Massachusetts Institute of Technology, *Collaborative Micro Aerial Vehicle Exploration of Outdoor Environments* – Feb. 2010

<sup>167</sup> E. Thompson, Army, *Apple meet to discuss hand-held solutions for Soldiers* – 2011,

<http://www.army.mil/article/36178/army-apple-meet-to-discuss-hand-held-solutions-for-soldiers/>

<sup>168</sup> Raytheon Official Website, [http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rtn09\\_iphnapps/](http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rtn09_iphnapps/)

<sup>169</sup> New York Times, Official Website, *The iPhone goes to war*,

<http://bits.blogs.nytimes.com/2009/12/16/the-iphone-goes-to-war/?partner=rss&emc=rss>

<sup>170</sup> Defense News Official Website, *Guns, Grenades and iPads for Singapore Soldiers* – 2011,

<sup>171</sup> BBC Official Website, <http://www.bbc.co.uk/newsbeat/10813964>

anche sul campo di battaglia e sarebbe alquanto difficile trovarne qualcuno che si lamenti dell'interfaccia, come spesso invece accade.

Dato che quasi chiunque può ora controllare un UAV con il proprio iPhone, non ci vuole un futurista del MIT per immaginare uno scenario in cui tali tecnologie potrebbero essere utilizzate in atti terroristici sul suolo nazionale. La stessa tecnologia WiMax, disponibile negli aeroporti, come negli internet caffè - in India è disponibile gratuitamente per strada - o la 3G, per caratteristiche di robustezza e di data rate, potrebbero prestarsi come un'infrastruttura adeguatissima per il comando e controllo di un UAV o addirittura di sciame di mini/micro UAV<sup>172</sup> che, se equipaggiati con payload di pochi chili con un agente biologico mortale, potrebbero facilmente essere volati in qualsiasi stadio e fare molto molto male.<sup>173</sup> O potrebbe capitare che un 26enne laureato in fisica progetti di imbottire di esplosivi due modellini repliche del F86 Sabre e del Phantom, comprati su Internet a 150 dollari l'uno, e portare a termine un attacco contro Capitol Hill ed il Pentagono, se non fosse stato fermato in anticipo dal FBI.<sup>174</sup>

Sistemi come i MAV hanno bassissima osservabilità per i RADAR di difesa aerea o per i RADAR di un fighter, sono slow mover, ovvero si muovono a velocità molto basse, complessivamente sono praticamente invisibili ai sistemi di difesa aerea; peraltro giocando sull'effetto sorpresa rendono estremamente complicato un pronto intervento di sistemi d'arma più complessi. Come potersi difendere allora da sistemi di questo tipo, anche per attività illecite sullo stesso suolo nazionale? Innanzitutto sarà necessario di dotarsi di sistemi RADAR ad hoc in grado di rilevarne la posizione e di eseguirne il tracking.

Per neutralizzare la minaccia poi, ci viene in soccorso un recente progetto di ricerca di alcuni giovani Ufficiali della USAF Air Force Academy, che hanno proposto e testato due prototipi di SprayMAV e NetMAV<sup>175</sup>. Il primo, lo SprayMAV, si basa sull'idea di spruzzare dell'acido, o qualche altra sostanza corrosiva, dal MAV amico sul MAV nemico, in modo da aggredirlo, degradarne le superfici di governo e, conseguentemente, causarne il crash. Assumendo una velocità del MAV nemico di 30 miglia orarie, cinque secondi di spruzzo coprirebbero oltre 200 piedi, fornendo così una copertura abbondante per non fallire il bersaglio. I vantaggi di questo sistema sono il peso contenuto del liquido, che consente di

---

<sup>172</sup> B. Duszka, C. Wietfeld, Commun. Networks Inst., Dortmund Univ. of Technol., *Performance evaluation of IEEE 802.16e mobile WiMAX for long distance control of UAV swarms* – Set. 2010

<sup>173</sup> M. L. Cummings, Aeronautics & Astronautics Department at the Massachusetts Institute of Technology, *Unmanned Robotics & New Warfare: A Pilot/Professor's Perspective* – Mar. 2010

<sup>174</sup> CNN Official Website, *Man, 26, charged in plot to bomb Pentagon using model airplane* – Ott. 2011

<sup>175</sup> D. Jensen, C. Edlund, et al. Defence & Security Systems International, *Testing the limit of MAV defence* – Gen. 2011

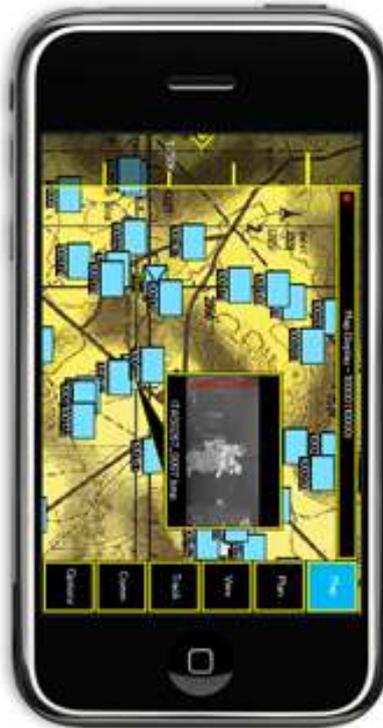


Fig. 34 – Applicazione Raytheon per iPhone<sup>176</sup>

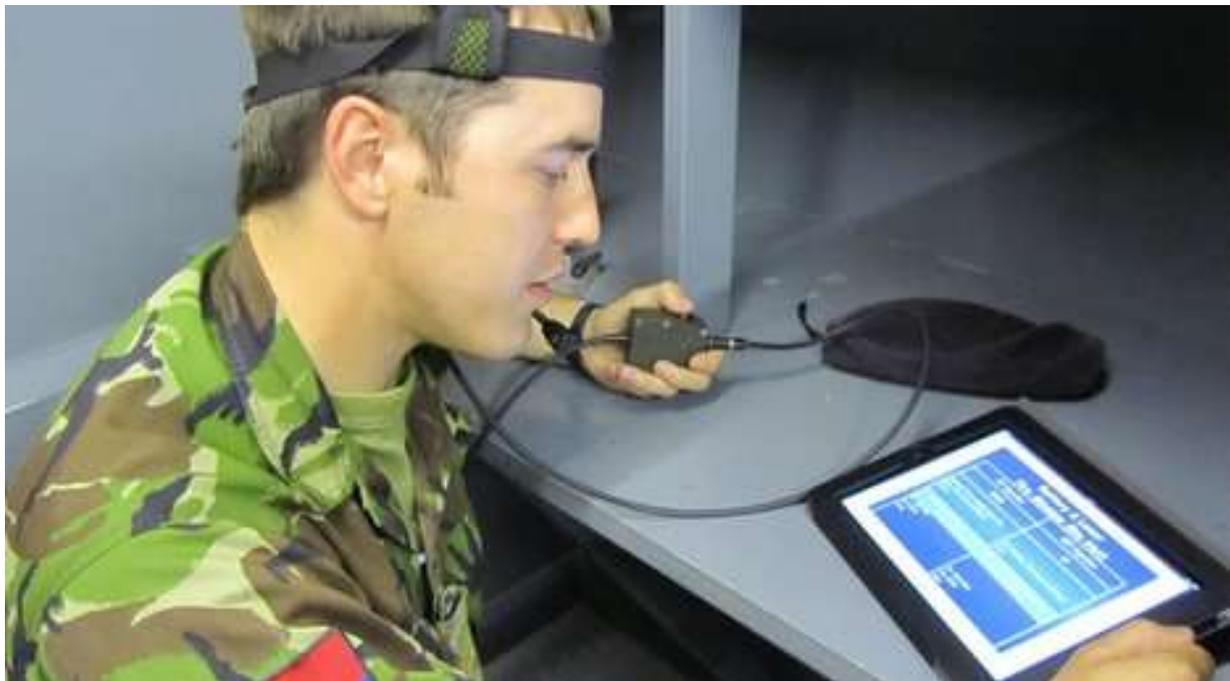


Fig. 35 – Training con iPad<sup>177</sup>

<sup>176</sup> Raytheon Official Website, [http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rtn09\\_iphnapps/](http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rtn09_iphnapps/)

<sup>177</sup> BBC Official Website, <http://www.bbc.co.uk/newsbeat/10813964>

essere trasportato da una vasta gamma di MAV, il basso costo della costruzione del sistema (in quanto tutti i componenti sono commercial off-the-shelf) e, infine, la sua durabilità nel tempo. Il sistema NetMAV invece si basa su una vera e propria rete delle dimensioni di 20 piedi per 6, piegata a fisarmonica, fissata nel centro di gravità e srotolata verso il basso per catturare fisicamente il MAV nemico. Da quanto si apprende, sembra che entrambi i prototipi siano già stati testati con successo.<sup>178</sup> Un'ulteriore possibilità di difesa, molto meno ortodossa, è offerta da un laser a stato solido, di proprietà Raytheon e ancora in corso di sviluppo, con il quale nel luglio 2010 sono stati fisicamente abbattuti 4 UAV. Da sempre, come la tecnologia si diffonde e la domanda si allarga, questa viene sempre più usata in modi imprevisi ed imprevedibili, compresi quelli di una qualche minoranza che può usarla per qualche malefatta. Sistemi così accessibili come i MAV potrebbero essere usati da chiunque abbia scopi terroristici su obiettivi sensibili o su aree densamente popolate, con armamenti convenzionali o non convenzionali.

Sistemi tipo l'Hummingbird potrebbero essere impiegati ovunque, e con le loro capacità standoff, ad esempio alimentati con energia solare, potrebbero restare per ore appollaiati su un albero di fronte casa nostra monitorando un punto o una persona di interesse, spiandoci con la propria micro camera senza che nessuno se ne accorga, e trasmettendo ogni azione via Internet. Prima che oggetti di questo tipo non siano più semplicemente il primo premio di un concorso tra appassionati, sarà necessario che il concetto di privacy e le norme a difesa di questa vengano ridefinite drasticamente.

Il problema è che il ritmo di cambiamento della tecnologia ha cominciato a superare le risposte umane istituzionali e inficiato l'efficacia delle norme giuridiche e delle restrizioni da esse applicate. Sarà possibile invertire la tendenza?

### **3.8. La Cyber warfare per gli UAS**

Il data link tra una remote station ed uno o più air vehicle non è altro che un segmento all'interno del cyber spazio che associa flussi di informazioni a processi decisionali: quindi ne vanno identificate le aree di vulnerabilità, le possibili minacce, le forme di protezione. La negazione dell'impiego di un proprio assetto unmanned, ad esempio mediante

---

<sup>178</sup> Ibid.

electronic jamming su un assetto o la distruzione fisica dei satelliti usati per il controllo di uno o più UAS, potrebbe rendere la flotta unmanned assolutamente inefficace.

Ancor peggio, un attacco di cyber-warfare in grado di consentire la presa in controllo di un UA da parte di terzi, avrebbe effetti strategici devastanti sulle capacità militari degli UAS. Fare affidamento sui satelliti, su un'infrastruttura di comunicazione sempre più estesa, su una banda elettromagnetica sempre più ampia, su un'architettura distribuita di common ground station, evidentemente non potrà che aumentare la vulnerabilità dei sistemi non pilotati nei conflitti futuri. Rispetto alla cyber warfare, dunque, gli UAS possono essere sistemi attaccati, ma anche sistemi che attaccano. Qualche esempio per entrambi i casi.

Nel 2009, alcuni militanti in Iraq sono stati in grado di intercettare e archiviare giorni e giorni di feed video di UAS statunitensi, solamente grazie all'uso di Skygrabber, un software da 26 dollari scaricabile da Internet. Sebbene fonti ufficiali ammettano che non ci sia stato nessun danno ai sistemi, né ci sia alcuna evidenza della possibilità di prenderli in controllo, né alcuna missione sia stata compromessa da queste intercettazioni, è chiaro che questi eventi rappresentano un elemento di vulnerabilità della tecnologia in uso.<sup>179</sup>

Vulnerabilità che è stata messa alla prova ancor più recentemente: nel settembre 2011, alcune GCS della base di Creech sono risultate infette da un virus, un keylogger probabilmente propagatosi nei passaggi di dati tra hard driver per trasportare video da una GCS ad un'altra o per effettuare gli aggiornamenti delle mappe.<sup>180</sup> Il virus sembra sia benigno, sebbene sia stato abbastanza problematico venirne a capo, ma cosa sarebbe stato se questo fosse stato in grado in qualche modo di rilanciare informazioni sullo stesso data-link già intercettato da Skygrabber.

Per quattro volte tra il 2007 e il 2008 degli hackers ritenuti appartenenti alla Forze Armate cinesi hanno interrotto il funzionamento di due satelliti della Nasa dedicati all'osservazione della Terra e agli studi del clima. Lo rivela un rapporto della commissione del Congresso americano (US-China Economic and Security Review Commission). «Queste interferenze – scrive il rapporto – pongono numerose potenziali minacce, in particolare se sono rivolte a satelliti con funzioni sensibili» perché, si precisa, possono distruggere o danneggiare il

---

<sup>179</sup> S. Gorman, Wall Street Journal, *Insurgents Hack U.S. Drones* – Dic. 2009, <http://online.wsj.com/article/SB126102247889095011.html>

<sup>180</sup> N. Shachtman, *Computer Virus Hits U.S. Drone Fleet* – Ott. 2011, <http://www.wired.com/dangerroom/2011/10/virus-hits-drone-fleet/>

veicolo spaziale e degradare o manipolare le trasmissioni. I satelliti attaccati sono il Landsat-7 che nell'ottobre 2007 e nel luglio 2008 ha subito oltre 12 minuti di interferenze e il Terra AM-1 che invece è stato vittima di una stessa situazione per due minuti nel giugno 2008 e nove minuti nell'ottobre seguente (dati forniti dall'US. Air Force). Il documento non accusa esplicitamente il governo di Pechino come responsabile degli attacchi ma sottolinea che la Cina «effettua e sostiene una varietà di cyber-azioni dolose» e che tutti i linguaggi usati da questi hackers hanno una base cinese e, infine, che esistono collegamenti con gruppi di hackers cinesi. Il Dipartimento della Difesa Usa precisa che gli attacchi informatici dal Celeste Impero sono saliti dai 3.651 nel 2001 ai 55 mila dell'anno 2011<sup>181</sup>. E' chiaro che se i satelliti presi di mira dovessero essere quelli impiegati per il controllo degli UAS, verrebbero innescate subito le procedure di recovery per la perdita del data link ed il sistema perderebbe di efficacia

Veniamo a sistemi unmanned che possono attaccare. Il Wireless Aerial Surveillance Platform, ad esempio, è un prototipo di mini unmanned "black hat", ovvero hacker intenzionale con intenti criminali. Di recente definizione, è nato da un aeromodello dismissed dall'US Army: alimentato a batterie ed equipaggiato con una camera HD ed un computer Linux-based, è in grado non solo di sniffare da reti Wi-Fi ma anche di condurre operazioni di snooping, ovvero di accedere in maniera non autorizzata alla rete cellulare. In pratica sarebbe in grado di intercettare una normale conversazione cellulare, dirottare la comunicazione su voice-over-Internet e nel frattempo registrare la conversazione, i numeri chiamati dall'utente così come gli intestatari dei numeri che lo hanno chiamato, la localizzazione dell'utente offerta dal telefono cellulare, senza che l'utente si accorga di essere spiato ([Fig. 36](#)).<sup>182</sup>

Alcuni ricercatori presso lo Stevens Institute of Technology (SIT) del New Jersey hanno dimostrato come un quadricottero giocattolo del valore di meno di 400 dollari, denominato "SkyNet", sia in grado di ricercare reti WiFi a bassa sicurezza, infettare automaticamente i computer su tali reti e creare una botnet, ovvero un gruppo di computer che può essere controllato da remoto, in modo che i controllori della botnet possano in questo modo

---

<sup>181</sup> G. Caprara, *Gli hacker attaccano due satelliti USA* – Nov. 2011,

<sup>182</sup> A. Greenberg, *Forbes*, *Flying drone can crack Wi-Fi networks, snoop in cell phones* – Lug. 2011,

<http://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2011/07/28/flying-drone-can-crack-wifi-networks-snoop-on-cell-phones/>

sfruttare i sistemi compromessi per scagliare attacchi distribuiti del tipo Denial-of-Service (DDoS) contro qualsiasi altro sistema in rete oppure compiere altre operazioni illecite.<sup>183</sup>

In generale, lo spionaggio cibernetico, come si vede, anche attraverso l'impiego di piccoli droni, è sempre più deputato a diventare la minaccia del nuovo millennio con un numero crescente di minacce sofisticate mirate a colpire dati personali, servizi online, applicazioni di networking, l'intero sistema economico di un Paese.

Il fatto è che la tecnologia ha cambiato, sconvolto le regole del "gioco" e, come avverte il Prof. Singer, è necessario sviluppare una nuova immaginazione per anticiparne le eventuali conseguenze.

*"As the 9-11 Commission warned, the tragedy that day was in part cause by a "failure of imagination". Can we apply the same lesson here? Can we develop a military and homeland-security strategy that considers not only how to use technology but how others will use it against us? That means widening the threat scenarios our agencies plan and train for, and the potential equipment they might need for a new range of defense. It also means new legal regimes to determine who should have access to such dangerous technologies—lest our best new weapon come back to bite us."*<sup>184</sup>

Da un lato dunque, è necessario difendersi o, meglio essere resilienti, resistere e recuperare. Si sta infatti passando dal concetto di *cyber defence* a quello di *cyber resilience*. La cyber defense, infatti, cerca di evitare che gli avversari entrino nei propri sistemi. La cyber resilience invece mira a rendere i sistemi del cyber spazio più difficili da sfruttare. Per far questo, occorre coinvolgere tecnologie intrinsecamente polimorfiche, che cioè riducono il tempo in cui un sistema può rimanere statico, in modo da complicare l'attacco di un intruso e obbligarlo a lasciarsi alle spalle una maggiore quantità di prove scientifiche forensi. Per gli UAS questo significherà concentrarsi su data link con ampia diversità di forme d'onda, che consentano una maggiore mutevolezza spettrale, in modo

---

<sup>183</sup> Technology Review, Massachusetts Institute of Technology, *The Next Wave of Botnets Could Descend from the Skies* – Set. 2011, <http://www.technologyreview.com/computing/38512/?p1=A1>

<sup>184</sup> P.W. Singer, Brookings Institution, *Unmanned Systems and Robotic Warfare* - 2010

da aumentare la resistenza a spoofing e jamming, e fornire anche la flessibilità necessaria quando le bande dello spettro potrebbero essere perse per usi commerciali.<sup>185</sup>

Da un altro, la sfida è ancora una volta nello sviluppo di un quadro normativo che regolamenti le operazioni di difesa/offesa nel cyber spazio<sup>186</sup> anche, o forse soprattutto, per gli esemplari di UAS più piccoli che, ad oggi, probabilmente rappresentano la minaccia più temibile sul nostro territorio.<sup>187</sup>

---

<sup>185</sup> Air Force Research Laboratory, - *Technology Horizons: A Vision for Air Force Science & Technology During 2010-2030* – Mag. 2010

<sup>186</sup> Nota dell'autore: Nel giugno 2011, la NATO ha adottato una nuova "Policy on Cyber Defence", che sottolinea l'attenzione per questo "nuovo" dominio. In particolare il documento si concentra sulla prevenzione delle minacce cibernetiche e sulla resilienza: la Policy chiarisce i meccanismi politici e operativi di risposta a un attacco cibernetic, e stabilisce i principi di collaborazione con nazioni partner, università, organizzazioni internazionali ed il settore privato.

<sup>187</sup> Nota dell'autore – Per ulteriori e specifici approfondimenti sull'argomento, si segnalano le seguenti pubblicazioni del Ce.Mi.S.S.: [\*Sviluppo nell'ambito nazionale del concetto di "Information Assurance" relativo alla protezione delle informazioni nella loro globalità\*, di Arije ANTINORI](#) e [\*Cyberwarfare e Cyberspace: aspetti concettuali, fasi ed applicazioni allo scenario nazionale ed all'ambito militare\*, di Prof. G. Iovane](#)



Fig. 36 – Wireless Aerial Surveillance Platform<sup>188</sup>

---

<sup>188</sup> A. Greenberg, Forbes, *Flying drone can crack Wi-Fi networks, snoop in cell phones* – Lug. 2011, <http://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2011/07/28/flying-drone-can-crack-wifi-networks-snoop-on-cell-phones/>

### 3.9. Selezione, training, qualifica e carriera

L'introduzione degli APR e più in generale degli UAS apre nuovi scenari per gli iter di addestramento e la tipologia di qualifica per i piloti e, in generale, per l'equipaggio. L'elemento centrale e di maggiore complessità consisterà nel determinare la “*primary relationship*” del pilota, se con l'aeromobile, l'APR, o con la sua/le sue remote station/stations in cui ci sono i comandi di volo. Questa ipotesi diventa maggiormente credibile, proprio in ragione del fatto che con una stessa ground station potrebbe essere possibile operare APR diversi. Se questi venissero considerati come entità differenti e registrati separatamente, e se la primary relationship del pilota sarà attribuita alla remote station, piuttosto che all' air vehicle, sarà lo *State of Registry* della remote station a dover rilasciare la licenza di volo piuttosto che lo Stato in cui è registrato l'APR. In ogni caso, la licenza verrà rilasciata ad un pilota che potrebbe non mettere mai piede nello Stato in cui atterra l'APR, che per contro non avrà mai contatto diretto con il pilota e l'equipaggio che lo ha in controllo.

Con il proliferare delle operazioni degli UAS, nel rilascio della licenza di volo potrà essere necessario tenere conto oltre che della tipologia di APR (ala fissa, ala rotante, pallone aerostatico etc.) e della classe (Micro, Mini, MALE, HALE...), anche delle possibilità di ambientazione per la remote station (land-based, vehicle-based, ship-based, airborne, handheld...), così come della diversità di operazioni (e.g. VLOS o BLOS).

Le stesse considerazioni dovranno essere estese ai requisiti fisici richiesti per esercitare questo tipo di professione. Fattori umani mai direttamente considerati (alienazione sensoriale, incoerenze motorie...) potrebbero indurre anche a pensare di addestrare piloti a seconda delle fasi di volo: taluni esclusivamente per le fasi di decollo/atterraggio, altri solo per le fasi di crociera. Recentemente è stato portato a termine da parte dell'AFRL uno studio<sup>189</sup> che individua “*the right stuff*”, il giusto mix di attitudini cognitive, tratti caratteriali, intra-personali e inter-personali, e gli attributi del dominio motivazionale che dovrebbero essere considerati nell'ambito dello screening medico dei processi di selezione per i piloti di UAS. Lo studio, delinea alcuni attributi strettamente peculiari dei piloti degli UAS: tra gli altri la capacità di elaborare immagini 4D (tre dimensioni spaziali e la dimensione temporale) a partire da immagini bidimensionali, la perseveranza nel mantenere un

---

<sup>189</sup> W. Chappelle, K. McDonald, K. McMillan, *The Right Stuff: Important And Critical Psychological Attributes Of Usaf Mq-1 Predator And Mq-9 Reaper Pilots According To Subject Matter Experts – Mag.* 2011

adeguato grado di attenzione e concentrazione tutti i giorni su work shift prolungati di 8-12 ore, la capacità di reagire e di decidere in *operational tempo* in situazioni ad alto rischio dopo aver operato in maniera prolungata in operazioni a basso carico di lavoro, la riservatezza nel gestire informazioni sensibili e classificate, acquisite su base giornaliera. Ad oggi “*the right stuff*” non esiste ancora.

La tipologia di addestramento degli equipaggi degli UAS segue le differenti tipologie di utilizzo, rispetto agli aeromobili tradizionali, nel decollo, nell’atterraggio, nella condotta degli stessi sistemi. Gli standard minimi sono stati raccolti all’interno del “*Joint Unmanned Aircraft Systems Minimum Training Standards*”: il documento identifica le conoscenze basiche e le attitudini richieste per piloti ed operatori di UAS, per poter operare ciascun Gruppo di UAS e per classi di spazio aereo, demandando ad ogni Forza Armata la possibilità di definire i livelli avanzati.

In un UAS i principali elementi con cui un pilota deve confrontarsi giornalmente sono bassa Situational Awareness su quello che accade intorno al velivolo, la mancanza delle sensazioni normalmente percepite a bordo di un velivolo, i ritardi nel link satellitare. Questi sono fattori limitanti per la condotta del velivolo da parte del pilota, così come le difficoltà d’interfaccia non propriamente user friendly: l’HMI sottrae molto tempo al pilota che non riesce a memorizzare i differenti controlli da effettuare. Più in generale ai problemi di Human System Integration, è attribuita la causa principale delle perdite degli UAS<sup>190</sup>. “Talvolta può capitare inavvertitamente che possa essere spento il motore con la semplice pressione di un tasto sbagliato”.<sup>191</sup> L’addestramento per gli UAS è affrontato direttamente dallo USAF Flight Plan 2009-2047 che afferma la necessità di disporre di un iter di addestramento specifico ed esclusivo per queste nuove figure professionali che, per le fasi di Initial Qualification Training (IQT), si affidi quanto più possibile a *high fidelity simulators*, ovvero simulatori full mission quasi indistinguibili dal sistema reale per tutte le fasi di una missione, dalla pianificazione, alla condotta del volo, alla gestione delle emergenze. Ma anche a simulazioni scalabili tipo Computer Based Training che agevolino e supportino lo studio personale. Dei programmi UAS della USAF attualmente l’unico simulatore ad alta fedeltà è il *Predator Mission Aircrew Training Systems* (PMATS), usato nell’ultima fase di addestramento dei piloti di MQ-1. Per il Flight Plan 2009-2047, la priorità è nello sviluppo di un database realistico per l’imagery fornite dai sensori, area per la quale si intravede

---

<sup>190</sup> A. Tvaryanas, W. Thompson, NATO RTO, *The U.S. Military Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Experience: Evidence-Based Human Systems Integration Lessons Learned* - 2010

<sup>191</sup> A. Tyabji USAF, *Unique problems associated with UAV employment* - 2007

l'opportunità di partnership con l'Esercito e la Marina. A seguire, a partire da un modello aerodinamico maggiormente rappresentativo, sarà necessario sviluppare simulatori, anche desktop based, ad esempio per le funzioni di mission coordinator così come per la gestione delle procedure di emergenza. In ultima analisi sarà necessario connettere i diversi simulatori in rete.<sup>192</sup> Maggiore sarà il grado di fedeltà della simulazione, minore sarà la necessità di effettuare addestramento con sistemi reali, svincolandosi dalle condimeteo e devolvendo più sistemi per il loro effettivo impiego operativo. Anche in questo caso, così come per alcuni aspetti certificativi, affidarsi alla simulazione sarà un fattore chiave per contenere i costi e, nel contempo, generare scenari complessi, anche con contesti combat, difficilmente replicabili se non in teatri operativi.

Nel 2010 si è arrivati ad un punto di svolta: sono stati addestrati più piloti/operatori di sistemi senza pilota che piloti di aerei da caccia e bombardieri. Attualmente nella USAF, l'alimentazione dei piloti di UAS avviene attraverso tre canali principali: dai piloti provenienti dai velivoli con equipaggio (ad esempio, F-16, F-15, B-2, C-130, C-117, KC135), da Ufficiali non piloti, sia equipaggio di volo che non (logistici, ingegneri, etc.), e dal Undergraduate Pilot Training (UPT). A gennaio 2011 è partito un Undergraduate RPA Pilot Training (URT), ovvero un ciclo di formazione dedicato per piloti di APR, ancora in fase di sperimentazione e per questo denominato *beta test*, specificamente diretto ad allievi, appena qualificati in Accademia e con nessun tipo di esperienza di volo. Potrebbero volerci cinque anni per formalizzare l'attuale *beta test* in un corso URT istituzionale.<sup>193</sup>

Il corso *beta* comprende tre fasi: un corso di addestramento basico al volo inizialmente di 18 ore, successivamente alzato a 37; prosegue con il RPA Instrument Qualification (RIQ) una fase di qualifica strumentale al simulatore del trainer T6 della durata di 10 settimane e 36 missioni; termina con il RPA Fundamentals Course, un periodo dedicato al volo con APR nella base di Randolph della durata di un mese, durante il quale gli allievi del beta proseguono gli studi insieme a quel personale che ha seguito l'UPT tradizionale e che è stato destinato alla linea unmanned. Tra i corsi presenti, quelli specificamente diretti al funzionamento di sensori radar ed elettro-ottici, comando e controllo, mission planning, armamento, comunicazione con le forze di superficie. Ma anche di fisiopatologia, ove i piloti piuttosto che trattare di ejection o di manovre di decompressione, si concentrano sui processi cognitivi, vigilanza e stress dimensionati rispetto alla tipicità delle missioni UAS.

---

<sup>192</sup> United States Air Force – *Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009 – 2047 – 2009*, pg. 47

<sup>193</sup> USAF Official Website, *RPA training begins new chapter with infusion of youngest students* – Gen. 2011  
<http://www.randolph.af.mil/news/story.asp?id=123239177>

L'ultima fase di training dei piloti è comune ai sensor operator: fino ad oggi, in nessun altro corso, i piloti ed il loro equipaggio avevano mai seguito gli stessi corsi contemporaneamente. Probabilmente perché pilota ed operatore sin dall'inizio devono imparare a lavorare insieme: mai come per gli UAS saper lavorare in team può fare la differenza per l'accomplishment di una missione. Complessivamente, cinque mesi senza includere il periodo a Creech AFB per conseguire il brevetto su Predator e Reaper, della durata di qualche mese.<sup>194</sup> La necessità di un certo affiatamento, non ci ricorda forse quella tra un pilota ed il suo navigatore? In effetti, nell'attesa che venga consolidato un iter formativo vero e proprio per queste figure, proprio la figura del sensor operator potrebbe rappresentare un adeguato sbocco professionale per i navigatori/Weapon System Operator, in termini di complessità delle operazioni ed importanza nel mission accomplishment.

In generale, per il futuro sarà necessario comprendere se gli equipaggi degli UAS dovranno essere ancora costituiti da personale con background eterogeneo ed esperienza volativa su assetti tradizionali in modo da disporre di un continuum di esperienze eterogenee che potrà essere comunque successivamente reimpiegato su assetti manned. Oppure se, piuttosto che confinare l'esperienza UAS ad un periodo di tempo limitato, affinché l'esperienza e la cultura nell'impiego di questi sistemi evolvano, sarà necessario consolidare una struttura organizzativa piramidale di modo che chi inizia la propria carriera negli UAS possa essere destinato a rimanerci.

---

<sup>194</sup> J. A. Tirpak, AirForce Magazine - *Putting Pilots in RPA* - Lug. 2010

# 4

## Dronethics

*Mentre la ricerca scientifica sulle tecnologie e sulle loro immediate applicazioni è incalzante, c'è meno interesse e meno rigore nello studio delle questioni etiche, politiche, legali e sociali che certe tecnologie rilanciano. La dronethics è l'etica di chi produce ed utilizza i droni. Cosa è etico e cosa non lo è nell'impiego dei droni nelle operazioni militari?*

### 4.1. Fatti epocali

Maggio 2011: un velivolo unmanned a tecnologia stealth, RQ-170, giornalmisticamente noto come “La bestia di Kandahar”, operato dalla C.I.A., ha spiato il covo di Osama Bin Laden in Pakistan nelle ore precedenti l'attacco dei Navy Seals prima della sua uccisione<sup>195</sup> Giubilo a New York, a Times Square e Ground Zero, e a Washington, davanti alla Casa Bianca, luoghi simbolo di una *celebration night* che diventerà inevitabilmente il contrappunto dei pianti e dell'America in ginocchio dopo il crollo delle Torri Gemelle.<sup>196</sup>

Lo USAF Flight Plan 2009 – 2047 da cui è partito questo lavoro, si affida allo sviluppo di sistemi senza pilota sempre più “intelligenti” che, in ultima analisi, un giorno potrebbero trasportare armi nucleari e tecnologicamente potrebbero essere in grado di decidere per conto proprio se uccidere o lasciar vivere<sup>197</sup>. Negli scenari operativi del prossimo futuro, il tempo a disposizione per decidere se colpire o non colpire potrebbe diventare troppo breve anche per chi oggi opera gli UAS da remoto; di conseguenza ai droni – li chiamerò

<sup>195</sup> Washington Post Official Website, [http://www.washingtonpost.com/world/national-security/cia-flew-stealth-drones-into-pakistan-to-monitor-bin-laden-house/2011/05/13/AF5dW55G\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/world/national-security/cia-flew-stealth-drones-into-pakistan-to-monitor-bin-laden-house/2011/05/13/AF5dW55G_story.html)

<sup>196</sup> Corriere della Sera, Sito Ufficiale, [http://www.corriere.it/esteri/11\\_maggio\\_02/bin-laden-morto\\_00034bc2-747a-11e0-a12f-3a82d10cc9fa.shtml](http://www.corriere.it/esteri/11_maggio_02/bin-laden-morto_00034bc2-747a-11e0-a12f-3a82d10cc9fa.shtml)

<sup>197</sup> USAF Flight Plan 2009 – 2047, pg. 41

così in questa sessione - potrebbe essere concessa una maggiore facoltà di prendere decisioni per conto proprio, anche letali<sup>198</sup>.

Potrebbe essere arrivato il momento della singolarità del prof. Kurzweil<sup>199</sup>, il momento in cui le macchine diventeranno più *smart* degli esseri umani. O potrebbe essere un'altra delle false profezie dell'intelligenza artificiale che in cinquant'anni ha saputo appena regalare solo aspirapolveri intelligenti e rivoluzionarie<sup>200</sup>.

Al di là di ogni considerazione o di ogni speculazione, che appartengano a detrattori degli UAS o ai sostenitori, ci sono dei fatti da considerare. Il primo: anche grazie all'impiego dei droni la rete terroristica di Al Qaeda continua ad essere indebolita.<sup>201 202</sup> Il secondo: sulle televisioni di tutto il mondo, una reazione fragorosa di giubilo all'uccisione di un'icona, per quanto condivisibile o meno (anche grazie al contributo di un UAS). Terzo: per la prima volta da una fonte ufficiale, a prescindere dalla raggiungibilità e sostenibilità dei propri obiettivi, si apprende della possibilità un giorno, entro il 2030, di avere aerei senza pilota in grado di condurre un combattimento a fuoco senza il controllo ed il permesso umano.

Fatti questi, epocali non v'è dubbio, che giustificano la possibilità perlomeno di aprire una discussione sulla Roboethics, la Roboetica, che non è l'etica dei robot, bensì dei robotici, dei produttori di robot, di chi li impiega e di chi li utilizza<sup>203</sup>.

## 4.2. Dronethics

Lo sviluppo di tecnologie militari ha un impatto su quelle civili, perfino per l'istruzione dei bambini, l'assistenza agli anziani, la riabilitazione dei disabili per dirne alcune<sup>204</sup>. Sarebbe forse vincente, quanto demagogico, citare i vantaggi socialmente utili derivanti dall'utilizzo della robotica come un contrappeso allo sviluppo della stessa matrice tecnologica per

---

<sup>198</sup> R.C. Arkin, Mobile Robot Laboratory, College of Computing, Georgia Institute of Technology, Atlanta – *Ethical robots in warfare* - 2010

<sup>199</sup> R. Kurzweil, *The Singularity is near – When Humans transcend biology* - 2005

<sup>200</sup> Noel Sharkey, University of Sheffield, *Cassandra or False Prophet of Doom: AI Robots and War* – 2008.

<sup>201</sup> New York Times Official Website, *C.I.A. Drone Is Said to Kill Al Qaeda's No. 2* – Ago. 2011

<http://www.nytimes.com/2011/08/28/world/asia/28qaeda.html>

<sup>202</sup> CNN Official Website, *Officials: U.S.-born al Qaeda cleric Anwar al-Awlaki killed* – Set. 2011

<http://edition.cnn.com/2011/09/30/world/africa/yemen-radical-cleric/>

<sup>203</sup> G. Veruggio, CNR-IEIT, Università di Genova, IEEE Robotics and Automation Magazine, *Roboethics - La roboetica* – 2010

<sup>204</sup> G. Gilbert, M. Beebe, NATO Research & Technology Organization, *Unmanned Systems for Combat Casualty Care*

ragioni militari. Come se fosse un male necessario. La dronethics, la dronetica, è solo un neologismo che esaurirà la sua ragione di esistere entro il termine di questo capitolo, per riferire direttamente, tra tutte le tematiche della roboetica, alle problematiche etiche di chi produce ed impiega droni, senza necessariamente esprimere un parere in merito, guardando ancora una volta fuori dai nostri confini nazionali, e attingendo all'ampio bacino di letteratura scientifica che sta emergendo negli ultimi anni e che va riportato a compendio di questa ricerca per completezza di trattazione.

Sistemi complessi completamente autonomi, in grado di portare a compimento una missione da soli senza l'uomo in-the-loop non ne esistono, o non vi è ancora prova certa della maturità tecnologica. Tuttavia, le prospettive dell'USAF Flight Plan e la vision tecnologica del Air Force Research Laboratory Centre perlomeno assottigliano il margine temporale che ci separa dall'impiegarne in operazioni militari. E' lecito dunque considerare sin d'ora la possibilità di analizzarne gli impatti che - si vedrà - sono interdisciplinari: coinvolgono l'etica, la filosofia, l'arte della guerra, la tecnologia, il diritto internazionale, la fantascienza o meglio la *science fiction* che meglio rende il richiamo ad alcuni scenari hollywoodiani.

I disaccordi su ciò che è etico o no nel campo della dronetica derivano spesso da convinzioni diverse sulla natura umana e da aspettative diverse su ciò che la tecnologia può raggiungere nel futuro. Nel seguito presenterò solo alcuni elementi dei temi etici delineati da altri autori e le loro linee di ragionamento in modo da consentire al lettore di formare la propria personale opinione. Nella fattispecie, il professor Lichocki<sup>205</sup> della University of Washington apre una finestra sugli aspetti etici dei droni mediante una survey of literature che ha il merito di individuare un pattern completo ed aggiornato sul tema, che intendo condividere nel seguito ed adattare a questa trattazione. Per ulteriori e diversi approfondimenti si rimanda ad altre ricerche sviluppate in questo settore, già pubblicate dal Ce.Mi.S.S.<sup>206</sup>

---

<sup>205</sup> P. Lichocki, A. Billard (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne), P H. Kahn Jr., University of Washington, IEEE Robotics & Automation Magazine, *The Ethical Landscape of Robotics* – Apr. 2011

<sup>206</sup> Riccardo. Campa, Ce.Mi.S.S. - Le Armi Robotizzate Del Futuro. Intelligenza artificialmente ostile? Il problema etico – Nov. 2010 [http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti\\_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2011-01/Pagine/Le\\_armi\\_robotizzate\\_del\\_futuro\\_Int\\_12318etico.aspx](http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2011-01/Pagine/Le_armi_robotizzate_del_futuro_Int_12318etico.aspx)

### 4.3. Combattente legittimo ed innocente

Il problema di discriminare tra combattente legittimo ed innocente è il primo fondamentale problema posto all'attenzione della comunità internazionale da parte di chi sostiene che i sistemi attuali siano ancora ben lontani dall'avere capacità sensoristiche e di calcolo che possano permetterlo<sup>207</sup>. Tale distinzione è elemento centrale del diritto umanitario e prevede che solo i combattenti sono bersagli legittimi e proibisce gli attacchi contro qualsiasi altro obiettivo che non sia un legittimo combattente.

Supponiamo allora che, ispirati dalla modularità del MQ-X, si voglia connettere su bus avionico un modulo in cui sia stato codificato un codice etico che è già stato stabilito dall'umanità, ad esempio le regole del diritto internazionale umanitario o le regole di ingaggio. Il Prof. Sharkey evidenzia che, anche se esistesse e fosse possibile codificare all'interno di un robot, la distinzione precisa tra obiettivo legittimo e non legittimo, nutrirebbe forti dubbi che i robot siano in grado di raggiungere, in un futuro prevedibile, un livello di complessità cognitiva tale da permettere di riconoscere situazioni ambigue tipo un obiettivo non legittimo che manipola strumenti letali. Il Prof. Sharkey sostiene dunque che l'impiego di sistemi completamente autonomi, non debba essere permesso finché, semmai succederà, non si sarà in grado di dimostrare che i droni siano in grado di distinguere fedelmente tra un soldato e un civile, in tutte le situazioni, anche quelle in cui potrebbe essere un bambino a manipolare o ad impugnare un'arma da fuoco<sup>208</sup>. I droni dovrebbero essere vincolati ad aderire alle stesse leggi degli esseri umani e non dovrebbe essere consentita la loro partecipazione a delle operazioni militari finché questo non sarà possibile. I droni dovranno essere in grado di non eseguire un ordine se non è etico e la possibilità di monitorare e riportare su comportamenti non etici di altro personale militare.

C'è chi crede che questa condizione possa essere troppo stringente dal momento che anche gli esseri umani non sono propriamente infallibili e potrebbero nelle stesse situazioni comunque commettere degli errori di valutazione<sup>209</sup>. Il Prof. Arkin fa un passo avanti e sostiene che, ammettendo che un giorno succederà che i droni saranno in grado di discriminare tra legittimi combattenti e civili, allora faranno certamente meno errori degli umani e saranno moralmente superiori. Inoltre, trattandosi di macchine, non sentiranno lo stress psicologico ed emotivo della guerra, e quindi non saranno inclini a commettere

---

<sup>207</sup> Noel Sharkey, University of Sheffield, *The Ethical Frontiers of Robotics* – Dic. 2008

<sup>208</sup> Noel Sharkey, University of Sheffield, *Cassandra or False Prophet of Doom: AI Robots and War* – 2008.

<sup>209</sup> P. Lin, G. A. Bekey, K. Abney, *Robots in war: Issues of risk and ethics* - 2009, pgg. 49–67

crimini o atrocità come potrebbero gli esseri umani, sottoposti alle pressioni della *fog of war*<sup>210</sup>. Questi motivi costituiscono obbligo morale per sviluppare queste tecnologie, costruire questa tipologia di sistemi, impiegarli quando la tecnologia sarà matura (nella misura in cui la guerra viene presa dalla storia come una occorrenza inevitabile della civiltà umana).

#### 4.4. Una guerra accidentale

Abbiamo visto nel capitolo 1 che Watson, il gingillo dell'IBM, non è stato propriamente infallibile in un quiz televisivo: pur vincendo il confronto contro dei campioni del programma, occasionalmente ha commesso errori grossolani. Se si ammette la possibilità che sistemi robotici senza pilota possano commettere errori, magari dovuti come nel caso di qualsiasi altra nuova tecnologia a bug di sistema ancora inesplorati, alla stessa stregua di Watson questi potrebbero ugualmente comportarsi in modo inaspettato o non intenzionale in situazioni reali<sup>211</sup>. Tali errori in estrema ratio potrebbero portare accidentalmente a controversie tra Paesi o a conflitti veri e propri se l'inatteso, magari aggressivo, comportamento di un robot possa essere interpretato dall'avversario come un atto di guerra.<sup>212</sup> Siccome, per definizione, i droni vengono impiegati in missioni *dirty* e *dangerous*, ad esempio sono utilizzati per pattugliare le frontiere o comunque aree considerate *hot spot*, è probabile che chi è interessato ad avviare un conflitto potrebbe interpretare alcune delle loro azioni come atti di guerra, e approfittare di incidenti di questo tipo per giustificare l'ostilità, anche senza nessuna volontà politica o ordine militare in tal senso.

Se nella roadmap tracciata dal USAF Flight Plan ci si sposta al 2045 e si ammette che sistemi autonomi saranno in grado di agire "intenzionalmente", sarebbe difficile distinguere tra un errore tecnico, e qui si ricadrebbe nel caso accidentale, e una reale "intenzione", ed in tal caso indicherebbe che il sistema non è più sotto il controllo dello Stato o

---

<sup>210</sup> R. C. Arkin, Mobile Robot Laboratory Georgia Institute of Technology - *Governing lethal behavior* - 2009

<sup>211</sup> P. Lin, G. A. Bekey, K. Abney, *Robots in war: Issues of risk and ethics* - 2009

<sup>212</sup> P. M. Asaro. HUMlab & Department of Philosophy, Umeå University, *How Just Could a Robot War Be?* - 2008

dell'individuo che lo ha progettato. Quale sarebbero le responsabilità di uno Stato per le azioni del robot canaglia che ha creato, sarebbero tali da poter essere attaccato?<sup>213</sup>.

In caso di errori commessi da un robot, il problema dell'ascrizione della responsabilità al produttore, all'ingegnere progettista, all'utilizzatore è ancora largamente in discussione nella comunità della roboetica e – volendo sdrammatizzare – evidentemente non è stato ancora risolto, se è già un problema assegnare la titolarità di un semplice tamponamento con la Google Car<sup>214</sup>.

#### 4.5. Una guerra senza rischi?

Come menzionato più volte all'interno della ricerca, l'impiego degli UAS in teatro oggiogiorno avviene in cieli permissivi, pressoché incontestati. Si potrebbe allora voler mettere in discussione se è etico avere un robot armato in operazioni in cui è solo un lato ad avere robot.

Con gli UAS non è più a rischio la vita di un pilota. Se un UAS viene abbattuto, bisogna fare i conti solo con la perdita di una macchina molto sofisticata, molto pregiata e molto costosa. E' chiaro quindi che a livello politico si tenda a supportare lo sviluppo di tecnologie che consentano di sostituire dei soldati con i robot, poiché ogni paese sente l'obbligo morale di proteggere la vita dei propri soldati<sup>215</sup>. La perdita di un UAS è certamente molto più semplice da digerire rispetto a quella di una vita umana. Così come è una preda molto meno appetibile per i media. Da un punto di vista politico dunque, guerre e conflitti potrebbero sembrare maggiormente digeribili perché, potenzialmente, ci sono minori perdite di vite umane e minori speculazioni mediatiche. Si teme allora che questo possa rendere più facile per un paese lanciare una guerra e che questa tendenzialmente possa durare per periodi più lunghi di tempo<sup>216</sup>. La questione più ampia è che il pubblico potrebbe non ritenere quella combattuta dai droni una guerra vera e propria. Nell'ipotesi di una guerra combattuta solo da robot, dal momento che da tali guerre tornerà distrutto solo metallo al posto di cadaveri, l'impatto emotivo che le guerre

---

<sup>213</sup> P. M. Asaro, HUMlab & Department of Philosophy, Umeå University, *How Just Could a Robot War Be?* - 2008

<sup>214</sup> B. Caulfield, Forbes, *Robot Car Involved In Cras: Google Blames Human*  
<http://www.forbes.com/sites/briancaulfield/2011/08/05/robot-car-involved-in-crash-google-blames-human-error/>

<sup>215</sup> N. Sharkey, *Cassandra or false prophet of doom: AI robots and war*, pp. 14–17 - 2008.

<sup>216</sup> P. Lin, G. A. Bekey, and K. Abney, *Robots in war: Issues of risk and ethics* in *Ethics and Robotics*. - 2009

avrebbero sarebbe in gran parte ridotto. Il che è soprattutto vero per i civili non interessati direttamente dal combattimento, vale a dire, per quelli che vedono le guerre combattute a distanza. Parlando delle operazioni statunitensi in Pakistan, il Prof. Singer del Brookings Institute e studioso di unmanned, afferma che sono stati colpiti oltre duecento obiettivi grazie agli UCAV, un numero in realtà ben superiore al numero di bersagli colpiti dalle stesse forze ma con bombardieri tradizionali con equipaggio in Kosovo. Ma a differenza del Kosovo, le operazioni in Pakistan non sono viste come una guerra. Il pubblico non la vede in questo modo perché non ci ha nemmeno pensato, perché i media non lo riportano in questo modo.<sup>217</sup>

Complessivamente quindi, pensando che effettivamente il proprio paese non corra rischi, l'impiego massivo di droni può abbassare la soglia per decidere o meno se andare in guerra. Di contro, c'è chi sostiene che il fatto che la guerra sia priva di rischi non la rende più accettabile<sup>218</sup>, ma anche che una guerra in cui i droni sono impiegati da un solo lato non sia effettivamente *risk free*, ma abbia conseguenze a lungo termine. E' stato affermato che questo tipo di guerre potrebbe aumentare il rischio di atti di terrorismo: l'unica possibilità di colpire un paese che in guerra utilizza principalmente i robot è quello di attaccare i suoi cittadini<sup>219</sup>. Il terrorismo come un mezzo moralmente accettabile come contrattacco, per il fatto che gli eserciti robot sono il prodotto di un'economia florida ed elaborata, e che i membri di quella economia sono obiettivi legittimi. Quindi, guerre senza rischi potrebbero paradossalmente aumentare i rischi per i civili?<sup>220</sup>. Effettivamente non finirà che le guerre verranno combattute da sistemi senza pilota per conto proprio, ma piuttosto che le squadre saranno eterogeneamente composte da sistemi autonomi e da soldati. Se questo diventerà uno standard, il prof. Arkin del Georgia Institute of Technology anticipa che le guerre non sarebbero completamente prive di rischi e quindi le conseguenze del terrorismo aumentato o l'indifferenza della società non sono da temere.

---

<sup>217</sup> P.W. Singer, Director, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense, *Waging War With Robots*, Forbes/Wolfe Emerging Tech Report – Mag. 2011

<sup>218</sup> P. Asaro, *How Just Could a Robot War Be?* - 2008, pp. 50–64.

<sup>219</sup> Noel Sharkey, University of Sheffield, *Cassandra or False Prophet of Doom: AI Robots and War* – 2008.

<sup>220</sup> P. H. Kahn, Jr., *The paradox of riskless warfare* - 2002.

#### 4.6. Manned + Unmanned da un punto di vista etico

I numeri e le previsioni del procurement per i prossimi anni supportano la visione che la guerra del domani potrebbe essere combattuta da squadre miste, composte da soldati robot e umani. La necessità di impiegare assetti manned con assetti unmanned se ha certamente un riscontro da un punto di vista tecnologico, lo ha anche da quello etico.

Le azioni umane possono essere maggiormente prudenti e conservative a causa del proprio innato istinto di autoprotezione, o in ragione della presenza di pattern cognitivi pre-esistenti che, in determinati stati emozionali, ad esempio in situazioni in cui un potenziale target non è stato ancora ben identificato, lo rendono vulnerabile. I droni invece sono progettati senza emozioni in grado di alterare le proprie capacità di giudizio in situazioni in cui la rabbia, l'isteria, la paura, la frustrazione potrebbero influenzare l'essere umano ed indurlo a reagire mediante l'esecuzione di crimini. I droni possono integrare informazioni da più sensori remoti, incluso l'uomo stesso, in un ambiente troppo complesso per essere gestito solamente dall'uomo.

Ma come si comporterebbero insieme? Sarebbero affiatati? In un team integrato ed organico di soldati ed assetti unmanned, i droni dotati di videocamere e altri sensori possono registrare ogni azione sul campo di battaglia. C'è chi sostiene che così sarebbero in grado di monitorare come terze parti l'etica dei comportamenti dell'essere umano stesso e riportare le eventuali infrazioni osservate: la sola presenza di questi sistemi può condurre ad una riduzione di crimini. Altri, viceversa, sostengono che se i soldati fossero spiati dal proprio "loyal wingman", non potrebbero più avere fiducia in loro e questo potrebbe influire sulla coesione di squadra. Di conseguenza, soldati umani potrebbero non riuscire ad agire in modo adeguato, ad esempio non fornendo l'adeguato sostegno al proprio "loyal wingman robotico" per lo stress causato da costante monitoraggio<sup>221</sup>.

Henrik Christensen del Georgia Institute of Technology aggiunge che siccome i robot possono eseguire il loro compito troppo alla svelta, potrebbero costringere gli umani a prendere rischi per la sicurezza o caricarsi di stress<sup>222</sup> per dimostrare di essere all'altezza.

Il Prof. Sharkey prevede che tendenzialmente il numero di robot impiegati in operazioni militari potrebbe alla lunga superare quello dei soldati umani. Anche se tutti i robot armati dovessero essere sotto la supervisione di esseri umani, in che misura questi li avrebbero

---

<sup>221</sup> P. Lin, G. A. Bekey, K. Abney, *Robots in war: Issues of risk and ethics* - 2009

<sup>222</sup> R. Staglianò, *Robot sono troppo intelligenti oragli scienziati hanno paura* – Set. 2009

effettivamente in controllo? Poiché – il prof. Sharkey continua - sarà impossibile per gli umani operare simultaneamente tutti questi robot, perché il combattimento è veloce e fluido<sup>223</sup>, tendenzialmente questi sistemi dovranno poter essere pienamente autonomi<sup>224</sup>.

Allora, come bisognerebbe progettare il modulo etico di questi robot totalmente autonomi? Ad un certo punto del film “I, Robot”, ispirato dai racconti di Asimov, c’è la decisione di un robot di salvare il protagonista, Spooner alias l’attore Will Smith, un uomo di mezza età cinico scontroso, senza amici, e preferirlo a una bambina solo perché avrebbe avuto una maggior probabilità di salvarsi, perseguendo in tal modo l’obiettivo con maggior probabilità di successo. La ragazza avrebbe avuto una lunga vita davanti a lei, sarebbe stata ancora in grado di regalare gioie ai propri familiari, che viceversa resterebbero per sempre feriti dalla sua scomparsa: l’utilità per la bambina di proseguire la sua vita rispetto a Spooner avrebbe controbilanciato la differenza di probabilità nel salvataggio. Certo sarebbe stato meno probabile che potesse essere salvata, ma il profitto in termini di felicità maturata avrebbe giustificato il tentativo. Questo un essere umano lo avrebbe considerato.<sup>225</sup> O forse no?

Tradurre in codice le Laws of War o le Regole d’ingaggio sembra essere molto più complesso che scrivere le leggi di Asimov<sup>226</sup>, senza lasciare spazio a comportamenti inattesi, indesiderati, forse nemmeno previsti e prevedibili. E’ possibile attaccare una posizione se i morti civili possono essere superiori anche solo della metà delle morti di legittimi combattenti? E’ permesso uccidere un comandante di alto rango anche se questo comporta la morte di cinque civili o di 10 milioni di dollari di danni? Si tratterebbe di creare un criterio, come una funzione di fitness, che bilanci obiettivi e rischi nel perseguirli, un ottimo che consideri pro e contro: settare dei parametri e decidere con i numeri dove dei numeri non ci sono<sup>227 228</sup> in una maniera tale che, alla fine, una decisione robotica possa essere razionalmente, in qualche modo, accettata dall’uomo.

---

<sup>223</sup> P.W. Singer, *Brookings Institution, In the Loop? Armed Robots and the Future of War* – Gen. 2009

<sup>224</sup> N. Sharkey, *Cassandra or false prophet of doom: AI robots and war*, pp. 14–17 - 2008

<sup>225</sup> C. Grau, Florida Int.I Univ., IEEE Intelligent Systems, *There Is No “I” in “Robot”: Robots and Utilitarianism* - 2006

<sup>226</sup> Prima Legge della robotica: *A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.* Seconda Legge: *A robot must obey any orders given to it by human beings, except where such orders would conflict with the First Law.* Terza Legge: *A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.*

<sup>227</sup> N. Sharkey, University of Sheffield, IEEE TECHNOLOGY AND SOCIETY MAGAZINE, *Death strikes from the sky: the calculus of proportionality* - 2009

<sup>228</sup> Volfrango Monaci, Ce.Mi.S.S. - Generalizzazione del concetto di "costo" – Lug. 2010

[http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti\\_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2010-09/Pagine/Generalizzazione\\_del\\_concetto\\_di\\_costo\\_11893.aspx](http://www.difesa.it/SMD/CASD/Istituti_militari/CeMISS/Pubblicazioni/News206/2010-09/Pagine/Generalizzazione_del_concetto_di_costo_11893.aspx)

#### 4.7. Il fattore Playstation

L'uso degli UAS cambia la concezione del ruolo dei soldati in guerra, attraverso la piena consapevolezza che la pressione di un pulsante è in grado di uccidere un nemico a distanza, senza alcun rischio immediato per se stessi.<sup>229</sup>

Questo approccio alla guerra, potrebbe essere considerato ingiusto secondo le convenzioni tradizionali della guerra perché chi causa l'uccisione è come se non fosse disposto a morire: il principio di mettere a rischio la propria vita è fondamentale, perché influenza fortemente il comune senso di lealtà in battaglia, e riguarda la natura della guerra come convenzione per la soluzione delle controversie. Nella misura in cui la guerra può servire a questo scopo, entrambe le parti devono sostanzialmente essere d'accordo per risolvere la controversia attraverso la violenza e, come menzionato precedentemente, la violenza deve essere mirata solo a coloro che hanno accettato di combattere, cioè i combattenti. Così è immorale uccidere chi non ha accettato di combattere.

Siccome si suppone non vi sia nessun obbligo morale più profondo per un combattente che rischiare la propria vita in difesa del proprio Stato, in quest'ottica, combattere una guerra attraverso la pressione di un pulsante, non sarebbe del tutto equivalente a diventare un combattente, perché non ci si è conformati alla norme di guerra in cui entrambe le parti accettano di rischiare la morte nel risolvere la controversia.

In linea puramente teorica chi opera un drone potrebbe rischiare di credere di essere in un gioco. L'espansione della tecnologia e delle interfacce commerciali stanno portando ad integrare la tecnologia dei videogames in guerra, i sistemi di controllo militare sono sul modello dei controller di Xbox e Playstation ([Fig. 37](#)). Un rappresentante di Raytheon, in merito ai criteri di progetto della nuova Universal Control Station (UCS) ([Fig. 38](#)):

*“One of the things we used in the design of the UCS was game technology and what we were attracted to was, you can take a kid, he can go to Wal-mart, he can buy a game and in less than sixty seconds, he can plug that game into his computer and he could be up and playing the game. You know, how did they do that? What was the magic part of the technology or the engineering that went into that and allowed a kid to not have to take a three-month course and read a*

---

<sup>229</sup> I. Asimov, *Astounding Science Fiction, Runaround* - 1942.

*five hundred-page manual, and so what we focused on was the gaming technology. We studied the hand and the eye interfaces. We studied the types of techniques they used so these kids that are joining the service – that are no longer kids – to leverage that same technology, they wouldn't have to learn a whole new technology to use our system...*<sup>230</sup>

Alla Washington University è stato creato un sistema di controllo remoto che utilizza il telecomando della Wii per trasmettere i movimenti dall'uomo al robot. E per sua stessa ammissione, il creatore si è ispirato alle astronavi dei Jetsons, i cartoon di Hanna & Barbera ambientati nello spazio<sup>231</sup>.

Le Nazioni Unite hanno attirato l'attenzione sul problema con una interrogazione da parte di un suo funzionario sui *targeted killings*, intesi come uso premeditato, deliberato ed intenzionale della forza da parte di uno Stato nel nome della legge, "*in the colour of law*", non ancora contemplati dal diritto internazionale umanitario.<sup>232</sup>

*"Because operators are based thousands of miles away from the battlefield and undertake operations entirely through computer screens and remote audio-feed, there is a risk of developing a 'PlayStation' mentality to killing. States must ensure that training programs for drone operators who have never been subjected to the risks and rigors of battle instill respect for International Humanitarian Laws and adequate safeguards for compliance with it."*<sup>233</sup>

Chiaramente la questione non è intorno alla possibilità di colpire un obiettivo a distanza: quello avviene oggi con gli armamenti Beyond Visual Range e secoli or sono con l'artiglieria. Il punto è che al termine di una missione di Remote Split Operation, gli operatori di un sistema unmanned svestono la tuta e tornano a casa, si occupano delle faccende domestiche, giocano con i propri figli, e il giorno dopo si ricomincia<sup>234</sup>.

Ed è probabilmente su questo che si vuole focalizzare l'attenzione con il termine *Playstation mentality*. Quel che è certo è che i soldati continuano a considerare questi sistemi non come un semplice videogame, ma molto sul serio. Sia che si combatta da

<sup>230</sup> <http://www.defenseindustrydaily.com/uav-ground-control-solutions-06175/>

<sup>231</sup> Science Daily Web site, *Military Use Of Robots Increases*,

<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/08/080804190711.htm>

<sup>232</sup> United Nations, General Assembly, *Study on targeted killings* – Mag. 2010

<sup>233</sup> Ibid.

<sup>234</sup> P. W. Singer, *Robots at War: The New Battlefield* - 2009.

vicino che da lontano, lo stress da combattimento e fatica è lo stesso di quello dei soldati tradizionali. La guerra, anche da lontano, resta ancora difficile e traumatica.

#### 4.8. Futuro é nostalgia

Ciò che è e ciò che non è accettabile in guerra è in definitiva l'oggetto di accordi tra nazioni<sup>235</sup>.

*"Se un altro paese vede quello che abbiamo fatto, capisce che non è così difficile: se comincia a perseguire la stessa tecnologia ma non ha la stessa struttura morale, che facciamo? Vedrete una serie di paesi in tutto il mondo che cominciano a svilupparsi UAS per conto loro, ma possibilmente senza lo stesso livello di garanzie."*<sup>236</sup>

Spetta dunque alla comunità internazionale stabilire una nuova serie di convenzioni per disciplinare l'uso di queste tecnologie, ed inglobarle in nuove leggi e trattati internazionali, prima che la tecnologia stessa vada troppo avanti. *"Drones are part of a post-heroic age. There's a kind of nostalgia for the way wars used to be"* afferma Deane-Peter Baker, professore di etica della United States Naval Academy, riferendosi ai tempi degli scontri tra cavalieri.<sup>237</sup>

E' il suo modo di dire forse, che anche i nemici giurati meritano di avere una persona reale, piuttosto che un algoritmo, che prenda la decisione di ucciderli.

---

<sup>235</sup> P. Asaro, *How Just Could a Robot War Be?* - 2008, pp. 50–64.

<sup>236</sup> J.S. Canning, Dahlgren Division, Naval Surface Warfare Center, *A Definitive Work on Factor Impacting the Arming of Unmanned Vehicles* - 2002.

<sup>237</sup> E. Bumiller, T. Shanker, *War evolves with drones, some tiny as bugs* – Giu. 2011,

[http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?\\_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles](http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles)



Fig. 37 – Un esempio di controller: Dragon Flyer X6<sup>238</sup>



Fig. 38 – Raytheon Universal Control Station<sup>239</sup>

<sup>238</sup> D. Pitman, Massachusetts Institute of Technology, *Collaborative Micro Aerial Vehicle Exploration of Outdoor Environments* – Feb. 2010

<sup>239</sup> [www.raytheon.com](http://www.raytheon.com)

# 5

## Considerazioni finali

### 5.1. Nessuna conclusione

Ad oggi gli UAS militari non sono autorizzati a volare, se non in spazi aerei segregati, perché non hanno una banda aeronautica protetta, non sono ancora considerati sufficientemente affidabili, non sono dotati di una tecnologia sense & avoid matura, non hanno ancora totalizzato un numero di ore di volo sufficiente da costituire un safety case rappresentativo e convincente, non è stata ancora dimostrata adeguata resilienza da attacchi di cyber warfare. La sempre più crescente domanda nel mercato civile amplierà gli orizzonti industriali su tutti questi fronti. La tecnologia open source e l'impiego di cellule comuni aumenteranno enormemente le economie di scala per i grandi produttori, ampliando nel contempo la base di quelli più piccoli: se una volta i tempi della ricerca & sviluppo erano dettati dalle applicazioni militari, ora bisognerà fare i conti – e sarà difficile competere – con la domanda e la concorrenza del mercato globale che fungerà da vero e proprio driver per lo sviluppo degli unmanned.

Per gli UAS siamo ancora agli albori, siamo ancora ai fratelli Wright di quella che promette di essere una vera e propria rivoluzione robotica. Conclusioni allora, a questo punto, non ce ne possono essere.

Il ritmo di cambiamento della tecnologia ha cominciato a superare le risposte istituzionali e inficiato l'efficacia delle norme giuridiche e delle restrizioni da esse applicate. La capacità di innovare ed essere creativi, non solo a livello individuale ma a livello organizzativo, e di confrontarsi a viso aperto con i dogmi dettati dai sistemi manned, costituirà un fattore determinante per l'esplosione degli UAS.

**Parte specialistica**

# 6

## Definizioni, classi e tipologie di UAS

### 6.1. UAS

Un UAS è un sistema composto dai seguenti component: l'Unmanned Aircraft, il carico utile, l'elemento umano, il segmento di controllo, il data link e gli elementi di supporto logistico.<sup>240</sup> ([Fig. 39](#))

#### 6.1.1. Unmanned Aircraft (UA).

E' un aeromobile senza un operatore umano a bordo che è in grado di volare sotto controllo remoto o in modalità autonoma. Può atterrare ed essere recuperabile, ma può essere anche spendibile, può trasportare un carico utile letale o non letale. Gli UA, che possono essere ad ala rotante o ad ala fissa o più leggeri dell'aria, sono in grado di volare senza equipaggio a bordo. UA include l'airframe e il relativo equipaggiamento inclusivo di sistema di propulsione, avionica, carburante, sistema di navigazione e sistema di comunicazione).

#### 6.1.2. Carico utile

Il carico utile include i sensori, i sistemi di comms relay, l'armamento e le merci. Il carico utile può essere trasportato internamente o esternamente. Le interfacce dei sensori devono essere conformi allo standard NATO di interfaccia (STANAG 4586).

#### 6.1.3. Elemento umano

L'elemento umano è l'asset maggiormente critico per l'impiego degli UAS. Il fatto che gli UAS siano considerati "unmanned" è solo dovuto alla mancanza di equipaggio a bordo del segmento di volo, sebbene complessivamente il sistema sia totalmente presidiato

---

<sup>240</sup> The Joint Air Power Competence Centre, *Strategic Concept Of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO* -. 2010

dall'equipaggio: nella preparazione ed esecuzione della missione, nel controllo dei sensori, nel comando della missione, nell'analisi dei dati. Il personale impiegato deve essere adeguatamente addestrato e qualificato e deve mantenere la currency nell'area di propria competenza. Nell'impiego dell'equipaggio bisogna tenere conto della fatica fisica degli operatori e garantire l'adeguato ricambio tra le unità per compiere missioni senza interruzioni.

#### **6.1.4. Segmento di controllo**

Il segmento di controllo, sia esso collocato a terra, a mare o a bordo, gestisce il comando e controllo (C2), la pianificazione di missione, il controllo del carico utile e le comunicazioni. La porzione del segmento di controllo in cui si trova fisicamente l'operatore UAS si riferisce con il termine di stazione di controllo. Alcuni UAS richiedono più di una persona per controllare l'UA e il carico utile, mentre altri UA possono essere controllati da un solo operatore. Alcune stazioni di controllo consentono il controllo di molteplici UA da parte di un solo operatore. Il controllo degli UA e del carico utile può essere ceduto tra diverse stazioni di controllo a seconda del tipo di UAS e secondo le esigenze della missione.

Alcune stazioni di controllo sono in grado di operare in LOS, altri UA possono essere controllati anche BLOS attraverso comunicazione satellitare (SATCOM). I dati raccolti possono essere trasmessi inter / intra-teatro attraverso i satelliti o in LOS.

#### **6.1.5. Data Links**

Il data link comprende tutti i mezzi di comunicazione tra l'UA, il segmento di controllo e l'utente e sono utilizzati per il trasferimento dei dati. I dati possono essere trasmessi direttamente all'utente per un'analisi immediata e / o ad un'altra rete per un'ulteriore investigazione e diffusione. I data link possono essere in LOS o BLOS.

#### **6.1.6. Supporto logistico**

Come gli aeromobili con equipaggio, gli UAS necessitano del supporto logistico. Questo elemento di supporto include tutte gli equipaggiamenti necessari per la distribuzione, trasporto, manutenzione, lancio, e recupero dell'UA, e le comunicazioni.

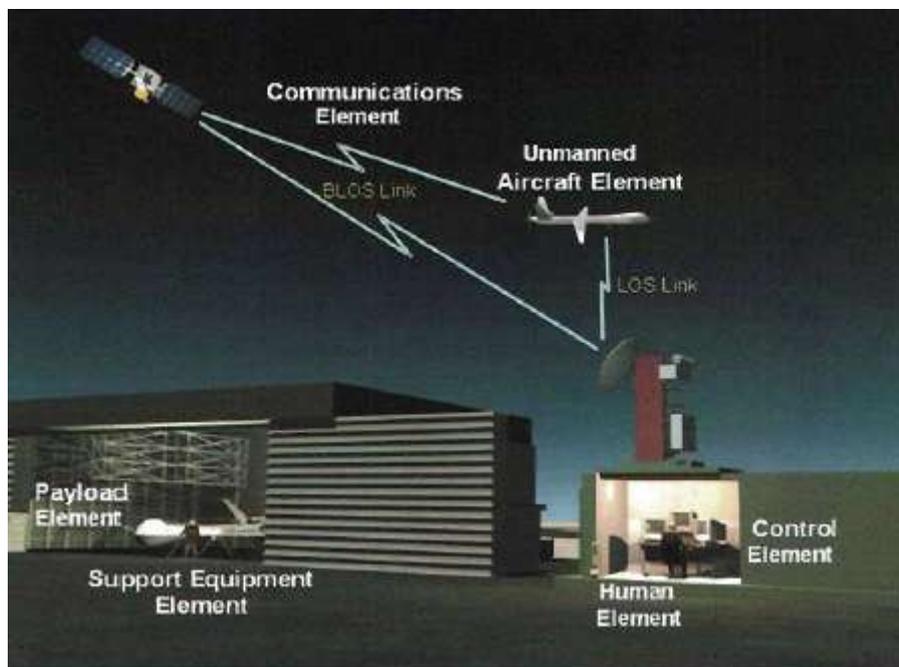
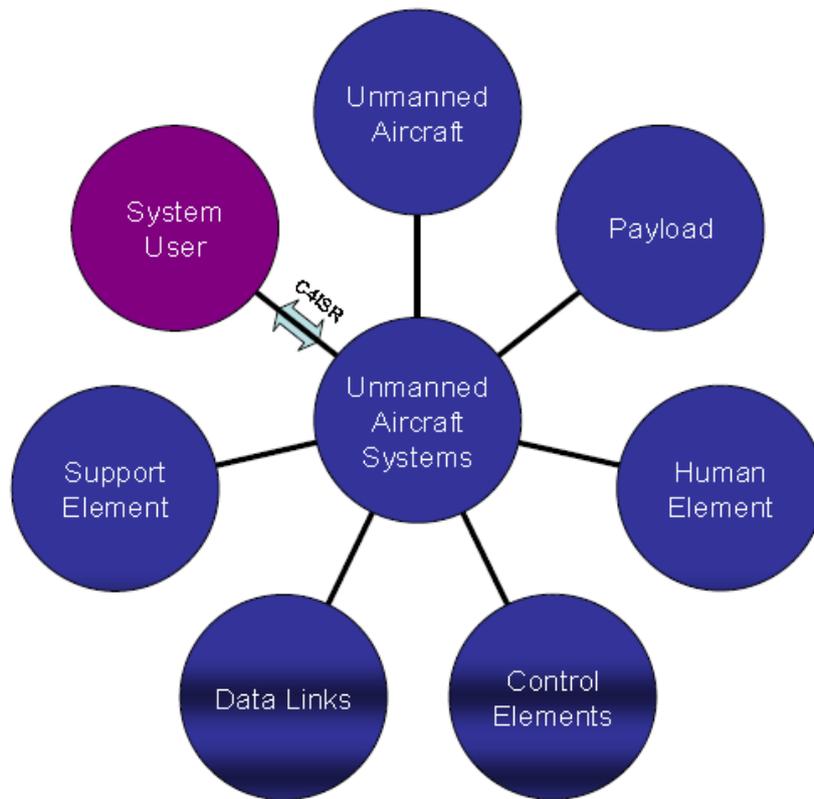


Fig. 39 – Componenti di un UAS <sup>241</sup> <sup>242</sup>

<sup>241</sup> U.S. Department of Defense, *UAS Airspace Integration Plan* – Mar. 2011

<sup>242</sup> The Joint Air Power Competence Centre Strategic Concept Of Employment For Unmanned Aircraft Systems in NATO– Gen. 2010

## 6.2. Classi di UAS

CLASS	CATEGORY	NORMAL EMPLOYMENT	NORMAL OPERATING ALTITUDE	NORMAL MISSION RADIUS	EXAMPLE PLATFORM
<b>CLASS I (less than 150kg)</b>	SMALL > 50kg	Tactical Unit (employs launch system)	Up to 5K ft AGL	50 km (LOS)	Luna, Hermes 90
	MINI 2-20kg	Tactical Sub-unit (manual Launch)	Up to 3K ft AGL	25 km (LOS)	Scan Eagle, Skylark, Raven, Strix
	MICRO < 2 kg	Tactical PI, Sect, Individual (single operator)	Up to 200 ft AGL	5 km (LOS)	Black Widow
<b>CLASS II (150 kg to 600 kg)</b>	TACTICAL	Tactical Formation	Up to 10,000 ft AGL	200 km (LOS)	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, Aerostar, Ranger
<b>CLASS III (more than 600 kg)</b>	HALE	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Global Hawk
	MALE	Operational/Theatre	Up to 45,000 ft AGL	Unlimited (BLOS)	Predator, Heron, Hermes 900

Fig. 40 – Classi di UAS<sup>243</sup>

<sup>243</sup> Ibid.

### 6.3. Esempi di UAS

Per ciascuna delle classi di appartenenza, si riportano le caratteristiche principali di alcuni degli UAS citati nella presente ricerca

#### 6.3.1. RQ-11 Pathfinder

<i>Caratteristiche</i>			
<b>Weight</b>	4.2 lb	<b>Payload Capacity</b>	11.2 oz
<b>Length</b>	36 in	<b>Engine Type</b>	Direct Drive electric
<b>Wingspan</b>	55 in		
<i>Performance</i>			
<b>Ceiling, MSL</b>	15,000 ft	<b>Endurance</b>	90 min
<b>Normal Operating Altitude, AGL</b>	500 ft	<b>Cruise Speed</b>	26 Kts
<b>Radius</b>	10 Km (LOS)		



Fig. 41 – RQ-11 Pathfinder

#### 6.3.2. ScanEagle

<i>Caratteristiche</i>			
<b>Weight</b>	37.9 lb	<b>Payload Capacity</b>	13.2 lb
<b>Length</b>	3.9 ft	<b>Engine Type</b>	Gasoline
<b>Wingspan</b>	10.2 ft		
<i>Performance</i>			
<b>Ceiling, MSL</b>	16,400 ft	<b>Endurance</b>	15 hr
<b>Radius</b>	60 nm	<b>Maximum/Loiter Speeds</b>	70/49 Kt



Fig. 42 – Scan Eagle

### 6.3.3. MQ-5B Hunter

<i>Caratteristiche</i>					
	MQ-5A	MQ-5B		MQ-5A	MQ-5B
<b>Length</b>	23 ft	23 ft	<b>Wing Span</b>	34.25 ft	34.25 ft
<b>Gross Weight</b>	1950 lb	1950 lb	<b>Payload Capacity</b>	280 lb	280 lb
<b>Fuel Capacity</b>	280 lb	280 lb	<b>Fuel Type</b>	JP-8 Diesel II	JP-8 Diesel II
<b>Engine Make</b>	HFE (x2)	HFE (x2)	<b>Power</b>	57 hp (x2)	57 hp (x2)
<b>Data Link(s)</b>	LOS	LOS	<b>Frequency</b>	C-band	C-band
<b>Avionics</b>	Legacy	Upgraded	<b>Fuselage</b>	old	Retrofitted
<i>Performance</i>					
	MQ-5A	MQ-5B		MQ-5A	MQ-5B
<b>Endurance</b>	18 hrs		<b>Maximum/Loiter Speeds</b>	110/70 Kts	110/70 Kts
<b>Ceiling</b>	18,000 ft		<b>Radius</b>	200 Km	200 Km
<b>Takeoff Means</b>	Runway		<b>Landing Means</b>	Runway/wire	Runway/wire
<b>Sensor(s)</b>	EO/IR/VS/CRP		<b>Sensor Make</b>	TAMAM Payloads	TAMAM Payloads



Fig. 43 – MQ-5B Hunter

### 6.3.4. RQ-7 Shadow 200

<i>Caratteristiche</i>			
<b>Length</b>	11.33 ft	<b>Wing Span</b>	14 ft
<b>Gross Weight</b>	375 lb	<b>Payload Capacity</b>	60 lb
<b>Fuel Capacity</b>	73 lb	<b>Fuel Type</b>	MOGAS/AVGAS
<b>Engine Make</b>	UEL AR-741	<b>Power</b>	38 hp
<b>Data Link(s)</b>	LOS C2 LOS video	<b>Frequency</b>	S-band UHF C-band
<i>Performance</i>			
<b>Endurance</b>	5-6 hrs	<b>Maximum/Loiter Speeds</b>	110/60 Kts
<b>Ceiling</b>	14,000+ ft	<b>Radius</b>	~125 Km
<b>Takeoff Means</b>	Catapult	<b>Landing Means</b>	Rolling landing/arresting wire
<b>Sensor(s)</b>	EO/IR	<b>Sensor Make</b>	Tamam POP 300



Fig. 44 – RQ-7 Shadow 200

### 6.3.5. MQ-1 Predator

<i>Caratteristiche</i>			
<b>Length</b>	27 ft	<b>Wing Span</b>	36 ft
<b>Gross Weight</b>	2250 lb	<b>Payload Capacity</b>	300-1000 lb
<b>Fuel Capacity</b>	640 lb	<b>Fuel Type</b>	JP
<b>Engine Make</b>	Rotax 914F	<b>Power</b>	527 hp
<b>Data Link(s)</b>	BLOS LOS	<b>Frequency</b>	Ku-band C-band
<i>Performance</i>			
<b>Endurance</b>	24+ hr at clean 16 hr w/external stores	<b>Maximum/Loiter Speeds</b>	118/70 Kt
<b>Ceiling</b>	25,000 ft	<b>Radius</b>	500 nm
<b>Takeoff Means</b>	Runway	<b>Landing Means</b>	Runway
<b>Sensor(s)</b>	EO/IR	<b>Sensor Model(s)</b>	AN/AAS-52 AN/ZPQ-1
<b>Weapons</b>	2xAGM-114		



Fig. 45 – MQ-1 Predator<sup>244</sup>

### 6.3.6. MQ-8 Fire Scout

<i>Caratteristiche</i>			
<b>Length</b>	22.9 ft	<b>Wing Span</b>	36 ft
<b>Gross Weight</b>	3150 lb	<b>Payload Capacity</b>	300-1000 lb
<b>Fuel Capacity</b>	1292 lb	<b>Fuel Type</b>	JP
<b>Engine Make</b>	Rolls Royce 250-C20W	<b>Power</b>	527 hp
<b>Data Link(s)</b>	LOS C2 LOS video	<b>Frequency</b>	Ku-band/UHF KU-band
<i>Performance</i>			
<b>Endurance</b>	6+ hr	<b>Maximum/Loiter Speeds</b>	117/hover Kt
<b>Ceiling</b>	20,000 ft	<b>Radius</b>	150 nm
<b>Takeoff Means</b>	Vertical	<b>Landing Means</b>	Hover
<b>Sensor(s)</b>	EO/IR/laser designator and rangefinder. Multi-mode Radar	<b>Sensor Make</b>	FSI Brite Star II Radar Block Upgrade in FY 09



<sup>244</sup> [www.aeronautica.difesa.it](http://www.aeronautica.difesa.it)

Fig. 46 – MQ-8 Fire Scout

### 6.3.7. A160 Hummingbird

<i>Caratteristiche</i>			
Length	35 ft	Rotorspan	36 ft
Gross Weight	5600 lb	Payload Capacity	300-1000 lb
Fuel Capacity	2700 lb	Fuel Type	JP
Engine Make	Pratt&Whitney PW207D	Power	527 hp
Data Link(s)	Boeing	Frequency	Ku
<i>Performance</i>			
Endurance	20 hr at 500 nm with 300 lb	Maximum/Loiter Speeds	140/60 Kt
Ceiling	>15,000 ft hover; 30,000 ft cruise	Radius	>1,000 nm
Takeoff Means	Hover or short taxi	Landing Means	Hover or ground roll
Sensor (current)	EO/IR	Sensor Make	WESCAM



Fig. 47 – A160 Hummingbird

### 6.3.8. MQ-9 Reaper

<i>Caratteristiche</i>			
Length	36 ft	Wing Span	66 ft
Gross Weight	10,500 lb	Payload Capacity	*3750 lb
Fuel Capacity	4000 lb	Fuel Type	JP
Engine Make	Honeywell TPE 331-10Y	Power	900 hp
Data Link(s)	BLOS LOS	Frequency	Ku-band C-band
<i>Performance</i>			
Endurance	24+ hr/clean 14-20 hr external stores	Maximum/Loiter Speeds	240/120 Kt
Ceiling	50,000 ft	Radius	1655 nm
Takeoff Means	Runway	Landing Means	Runway
Sensor(s)	EO/IR/laser rangefinder/ laser designator SAR/MTI	Sensor Model(s)	MTS-B AN/DAS-1
Weapons	GBU-12 Laser Guided Bomb, GBU-38 Joint Direct Attack Munition, AGM-114 Hellfire Air-to-Ground Missile		



Fig. 48 – MQ-9 Reaper

### 6.3.9. RQ-4 Global Hawk

<i>Caratteristiche</i>					
	RQ-4A (Block 10)	RQ-4B (Block 20, 30,40)		RQ-4A (Block 10)	RQ-4B (Block 20, 30,40)
<b>Length</b>	44.4 ft	47.6 ft	<b>Wing Span</b>	116.2 ft	130.9 ft
<b>Gross Weight</b>	26,750 lb	32,250 lb	<b>Payload Capacity</b>	1950 lb	3000 lb
<b>Fuel Capacity</b>	14,700 lb	16,320 lb	<b>Fuel Type</b>	JP-8	JP-8
<b>Engine Make</b>	Rolls Royce AE-3007H	Rolls Royce AE-3007H	<b>Power, SLS</b>	7600 lb	7600 lb
<b>Data Link(s)</b>	BLOS (SATCOM)	BLOS (SATCOM)	<b>Frequency</b>	UHF X-band CDL Ku-band INMARSAT	UHF X-band CDL Ku-band INMARSAT

<i>Performance</i>					
	RQ-4A (Block 10)	RQ-4B (Block 20, 30,40)		RQ-4A (Block 10)	RQ-4B (Block 20, 30,40)
<b>Endurance</b>	32 hr	28 hr	<b>Maximum/Loiter Speeds</b>	350/340 kt	340/310 kt
<b>Ceiling</b>	65,000 ft	60,000 ft	<b>Radius</b>	5400 nm	5400 nm
<b>Takeoff Means</b>	Runway	Runway	<b>Landing Means</b>	Runway	Runway
<b>Sensor(s)</b>	EO/IR SAR/MTI	EO/IR and signals intelligence	<b>Sensor Make</b>	NorthropGrumman, Raytheon	Northrop Grumman, Raytheon



**Fig. 49 – RQ-4 Global Hawk**

# 7

## Il piano di breve periodo: milestones e dimostrata / non conseguita realizzazione;

### 7.1. Obiettivi di breve periodo

Il Flight Plan riporta una lista di obiettivi di breve periodo da raggiungere essenzialmente entro il Fiscal Year 2011 (FY11). Di seguito si riporta l'elenco degli obiettivi e, ove noto, il raggiungimento dell'obiettivo o il punto di situazione sul progressing delle attività.

#### 7.1.1. Obiettivi di breve periodo - Doctrine

*Doctrine (D): Assess options for UAS units to support multiple Combatant Commanders (CCDRs) by 4QFY10*

#### 7.1.2. Obiettivi di breve periodo - Organization

- *Organization (O): Focus Aeronautical Systems Center (ASC) on all components of all types of UAS including Small UAS (SUAS) and High Altitude Airship (HAA) for more effective development and acquisition by 4QFY09 (test-bed for Life Cycle Management Excellence)*
- *O: Stand up two SUAS squadrons by FY10*

#### 7.1.3. Obiettivi di breve periodo - Training

- *Training (T): Demonstrate High Fidelity Simulator: Up to 100% Initial qualification training (IQT) (MQ-1/9, RQ-4) by 4QFY10*

Richiesti 21M dollari per FY09 (Fiscal Year 2009) e 8M dollari per FY10, entrambi non finanziati. Requisito non inserito nel Program of Record FY11.<sup>245</sup>

<sup>245</sup> Col. Mathewson - *Academic Opportunities: Developing the Future of UAS/RPA* at Mississippi State University Starkville, MS - April 7-8, 2010 - [www.hpc.msstate.edu/UAS/files/02-Mathewson.pdf](http://www.hpc.msstate.edu/UAS/files/02-Mathewson.pdf)

#### 7.1.4. Obiettivi di breve periodo - Materiel

- *Materiel (M): Demonstrate onboard Airborne Sense and Avoid (ABSAA) 3QFY10*
- Richiesti 4.5M dollari per FY09 per l'integrazione della capacità su MQ1/9, non finanziati. Requisito non inserito nel Program of Record FY11.

L'acquisizione della capacità di Sense and Avoid per RQ-4 e BAMS è gestita direttamente dal Office of Secretary of Defence Statunitense. Al fine di consentire l'integrazione degli UAS in spazi aerei non segregati ed in particolare nello Spazio Aereo Nazionale (National Air Space) è necessario che gli UAS aderiscano alla Federal Aviation Regulation (FAR) Part 91.113 che recita:

*“When weather conditions permit, regardless of whether an operation is conducted under instrument flight rules or visual flight rules, vigilance shall be maintained by each person operating an aircraft so as to see and avoid other aircraft. When a rule of this section gives another aircraft the right-of-way, the pilot shall give way to that aircraft and may not pass over, under, or ahead of it unless well clear.”*

Il DoD sta gestendo il graduale inserimento degli UAS nel NAS, perseguendo lo sviluppo della capacità GBSAA (Ground Based Sense and Avoid), come near-mid term solution, a lead del US Army, e della capacità ABSAA, come long term solution, a lead USAF<sup>246</sup>. A questo scopo sono stati previsti oltre 170M di dollari fino al 2016.<sup>247</sup>

- *M: Implement improved Multi-Aircraft Control (MAC) in MQ-1/MQ-9 ground control stations (GCS) by 4QFY10*  
Richiesti 4M dollari per FY10, 6.5M dollari per FY11, 8.5M dollari per FY12, 27MM per FY13 per un totale di 46M dollari, non finanziati. Requisito non inserito nel Program of Record FY11.
- *M: Demonstrate enhanced MAC technology and Concept of Employment (CONEMP) for Airborne launched SUAS from MQ-1/9 class UAS, for UAS MAC-like teaming and enhanced “through-the-weather” intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR) in 4QFY10*  
Richiesti 3.4M dollari per FY09, non finanziati.

<sup>246</sup> Department of Defense, Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan – Apr. 2011, [http://www.mtsi-va.com/docs/Airspace\\_Integration\\_Plan\\_2011.pdf](http://www.mtsi.va.com/docs/Airspace_Integration_Plan_2011.pdf)

<sup>247</sup> Research and Development Descriptive Summaries - RDT&E Project Justification: PB 2012 Office of Secretary Of Defense, PROJECT P440: UAS Airspace Integration – Feb. 2011, [http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2012/OSD/stamped/0604400D8Z\\_4\\_PB\\_2012.pdf](http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2012/OSD/stamped/0604400D8Z_4_PB_2012.pdf)

- *M: Demonstrate an interoperable, standards-based, Service-oriented open architecture command and control for MQ-1B/C, MQ-8, MQ-9, RQ-4 by 3QFY10*  
Richiesti 4.5M dollari per FY10, 14M dollari per FY11, 10.5M dollari per FY12, per un totale di 46M dollari, non finanziati. Il DoD ha sotto il proprio diretto controllo lo sviluppo di una Common Control Station Architecture di cui è stata rilasciata una versione 2.0 nel Luglio 2011<sup>248</sup>
- *M: Demonstrate HAA UAS in 3QFY09*
- *M: Concept demonstration of MQ-medium-sized (MQ-M)-like modular capability in FY10*
- *M: Demonstrate MQ-9 Auto Takeoff and Landing Capability (ATLC) by 4QFY10*  
Previsti oltre 540M di dollari fino al 2015 per sviluppo e fielding del MQ-9<sup>249</sup>
- *M: Implement protected communications for MQ-1 and MQ-9 by FY14*  
Previsti oltre 540M fino al 2015 per sviluppo e fielding del MQ-9. Previsti oltre 85M fino al 2016 per sviluppo e fielding del MQ-1.<sup>250</sup>
- *M: Demonstrate UAS Electronic Attack (EA) Capability for MQ-9 by 4QFY10*  
Nel Maggio 2011 Quattro competitor per lo sviluppo e la produzione di un jammer pod per Electronic Attack da integrare sul MQ-9 Blocco 5<sup>251</sup>

#### **7.1.5. Obiettivi di breve periodo - Leadership**

- *Leadership (L): UAS Leaders: Develop, promote and assign leaders with UAS experience to key enterprise positions as soon as possible*
- *L: Define UAS personnel career paths, training and sourcing by 1QFY10*  
Attivato il RPA instrument qualification (RIQ) course presso il 558th Flying Training Squadron della Randolph USAF Base Texas, appositamente per personale undergraduate, non proveniente da altre linee volo direttamente dopo

<sup>248</sup> Department of Defense, Report to Congress on Addressing Challenges for Unmanned Aircraft Systems – Set. 2010  
[www.acq.osd.mil/psa/docs/2010-uas-annual-report.pdf](http://www.acq.osd.mil/psa/docs/2010-uas-annual-report.pdf)

<sup>249</sup> Research and Development Descriptive Summaries - RDT&E Project Justification: PB 2012 Office of Secretary Of Defense, PROJECT 675246: MQ9 Development and Fielding – Feb. 2010,  
[http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2011/AirForce/0205219F\\_PB\\_2011.pdf](http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2011/AirForce/0205219F_PB_2011.pdf)

<sup>250</sup> Research and Development Descriptive Summaries - RDT&E Project Justification: PB 2012 Office of Secretary Of Defense, PROJECT PE 0305219F: PREDATOR DEVELOPMENT/FIELDING – Feb. 2011,  
[http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2012/AirForce/stamped/0305219F\\_7\\_PB\\_2012.pdf](http://www.dtic.mil/descriptivesum/Y2012/AirForce/stamped/0305219F_7_PB_2012.pdf)

<sup>251</sup> <http://www.uasvision.com/2011/05/11/us-air-force-200m-jammer-pod-programme-for-reaper/> - Mag. 2011

l'incorporamento<sup>252</sup>. Al termine del RIQ, è prevista la seconda fase dell'iter di addestramento presso Creech AFB, Nevada, o Holloman AFB, New Mexico, prima dell'assegnazione operativa direttamente alla linea RPA.

#### **7.1.6. Obiettivi di breve periodo - Policy**

- *Policy (P): Airspace Integration: Propose comprehensive National Airspace Integration Policy to the Office of the Secretary of Defense (OSD) by 4QFY09*  
Lo Airspace Integration Integrated Product Team della UAS Task Force ha redatto lo UAS Airspace Integration Plan.
- *P: Review and provide product support and Independent Logistics Assessment (ILA) policy guidance for future systems fielded through the rapid acquisition process; publish interim guidance by 1QFY10*
- *P: Validate Flight Plan through Joint Capability Integration Development System (JCIDS) by 4QFY09*
- *P: Define UAS personnel Air Force Specialty Codes (AFSC) career paths, training and sourcing by FY10*

#### **7.1.7. Considerazioni finali**

Come emerge dal suddetto punto di situazione, alcune milestone del Flight Plan sono state rispettate, altre no. A prescindere dalla verifica puntuale, il merito del Flight Plan risiede principalmente nell'aver avuto, per la prima volta e con un documento ufficiale, il coraggio di affrontare temi da sempre considerati tabù, come ingaggio di target in autonomia, navigazione autonoma in spazi aerei non segregati, swarming e proporre nuove e rivoluzionarie soluzioni concettuali per il design e lo sviluppo degli UAS.

---

<sup>252</sup>Robert Goetz, *RPA training begins new chapter with infusion of youngest students* – Gen. 2011  
<http://www.randolph.af.mil/news/story.asp?id=123239177>

# 8

## La Convenzione di Chicago per gli UAS

### 8.1. Convenzione di Chicago

Nel seguito vengono riportati con commenti gli articoli della Convenzione di Chicago applicabili agli UAS secondo gli intenti della Circ. 328 ICAO “*Unmanned Aircraft Systems Circular*” – Ed. Marzo 2011.

#### 8.1.1. Articolo 3 – Aeromobili civili ed aeromobili di Stato

##### *Article 3 - Civil and state aircraft*

- a. This Convention shall be applicable only to civil aircraft, and shall not be applicable to state aircraft.*
- b. Aircraft used in military, customs and police services shall be deemed to be state aircraft.*
- c. ...*
- d. The contracting States undertake, when issuing regulations for their state aircraft, that they will have due regard for the safety of navigation of civil aircraft.*

##### *Articolo 3 - Aeromobili civili e aeromobili di Stato*

- a. La presente Convenzione si applica esclusivamente agli aeromobili civili e non a quelli di Stato.*
- b. Gli aeromobili adoperati in servizi militari, di dogana o di polizia sono considerati come aeromobili di Stato.*
- c. ...*
- d. Nell'emanare le norme applicabili ai loro aeromobili di Stato, gli Stati contraenti s'impegnano a tener debitamente conto della sicurezza della navigazione degli aeromobili civili.*

### 8.1.2. Articolo 3 bis

#### *Article 3 bis*

- a. ...
- b. *The contracting States recognize that every State, in the exercise of its sovereignty, is entitled to require the landing at some designated airport of a civil aircraft flying above its territory without authority.... it may also give such aircraft any other instructions to put an end to such violations.*
- c. *Every civil aircraft shall comply with an order given in conformity with paragraph b) of this Article....*

#### *Articolo 3 bis*

- a. ...
- b. *Gli Stati contraenti riconoscono che ogni Stato, nell'esercizio della sua sovranità, ha diritto di esigere l'atterraggio, a un aeroporto designato, di un aeromobile civile che, senza autorizzazione...esso può anche impartire a questo aeromobile qualsivoglia altra istruzione che ponga fine a queste violazioni.*
- c. *Qualsiasi aeromobile civile deve rispettare gli ordini impartiti conformemente al paragrafo b del presente articolo...*

Pertanto, il pilota di un APR dovrà essere in grado di osservare le istruzioni ricevute, con mezzi elettronici piuttosto che visivi, e deviare verso un aeroporto designato su specifica richiesta dello Stato che si sta sorvolando.

### 8.1.3. Articolo 8 – Aeromobili senza pilota

#### *Article 8- Pilotless aircraft*

*No aircraft capable of being flown without a pilot shall be flown without a pilot over the territory of a contracting State without special authorization by that State and in accordance with the terms of such authorization. Each contracting State undertakes to insure that the flight of such aircraft without a pilot in regions open to civil aircraft shall be so controlled as to obviate danger to civil aircraft.*

#### *Articolo 8 – Aeromobili senza pilota*

*Nessun aeromobile manovrabile senza pilota può sorvolare senza pilota il territorio di uno Stato contraente, salvo autorizzazione speciale di detto Stato e conformemente alle condizioni di questa. Ogni Stato contraente si impegna a provvedere affinché il volo senza pilota di un tale aeromobile nelle regioni aperte agli aeromobili civili sia controllato in modo da evitare qualsiasi pericolo agli aeromobili civili.*

Il termine “pilotless”, che vola senza pilota, si riferisce quindi alla situazione in cui non c'è nessun pilota a bordo dell'aeromobile. Come conseguenza, ogni APR va considerato un aeromobile senza pilota, secondo gli intenti dei redattori dell'articolo 8. Pertanto, in considerazione della necessità che un aeromobile senza pilota debba essere controllato per evitare pericoli per il traffico civile, la presenza di un pilota in remoto è considerata determinante per integrare gli UAS in spazi aerei non segregati.

#### 8.1.4. Articolo 12 – Norme aeronautiche

##### *Article 12 – Rules of the Air*

*Each contracting State undertakes to adopt measures to insure that every aircraft flying over or maneuvering within its territory and that every aircraft carrying its nationality mark, wherever such aircraft may be, shall comply with the rules and regulations relating to the flight and maneuver of aircraft there in force. Each contracting State undertakes to keep its own regulations in these respects uniform, to the greatest possible extent, with those established from time to time under this Convention. Over the high seas, the rules in force shall be those established under this Convention. Each contracting State undertakes to insure the prosecution of all persons violating the regulations applicable.*

##### *Articolo 12 – Norme aeronautiche*

*Ogni Stato contraente si obbliga a prendere provvedimenti per garantire che ogni aeromobile che sorvola il suo territorio o che manovra al disopra di esso, come pure ogni aeromobile munito di contrassegno della sua nazionalità, dovunque si trovi, si conformi alle norme e ai regolamenti vigenti in quel territorio al volo e alle manovre degli aeromobili. Ogni Stato contraente si obbliga ad uniformare, per quanto possibile, i suoi regolamenti sulla navigazione aerea a quelli che potrebbero essere stabiliti in applicazione della presente Convenzione. Le norme vigenti per la navigazione aerea in alto mare sono quelle fissate in applicazione della presente Convenzione. Ogni Stato contraente si impegna a procedere contro i contravventori dei regolamenti applicabili.*

Le norme aeronautiche si applicano dunque a tutti gli aeromobili, manned o unmanned, con equipaggio o senza equipaggio. Inoltre obbligano gli Stati contraenti ad aderire nella massima misura alle norme ICAO ed a perseguire ogni violazione. Questa raccomandazione è la base per l'interoperabilità e l'armonizzazione internazionale, e per la conduzione di operazioni unmanned così come manned. In conformità dell'articolo 12 e dell'Annesso 2 alla Convenzione ("Rules of the Air", che non si riporta per brevità), il pilota è ancora e sempre responsabile della conduzione dell'aeromobile secondo le "Rules of the Air", sia che il pilota sia a bordo dell'aeromobile sia che posizionato a distanza.

La Circolare preannuncia che dovranno essere adeguatamente indirizzati scenari peculiari degli UAS in cui può esserci un *hand over* tra piloti per il controllo del UA mentre l'aeromobile è in volo e che conseguentemente comporterà anche un *hand over* delle responsabilità. L'*hand over* potrà verificarsi tra piloti co-locali, per la stessa ground station, nella gestione dei turni di lavoro. Lo scenario aumenta di complessità allorché i piloti possono essere situati a migliaia di chilometri di distanza ed in Stati differenti.

### **8.1.5. Articolo 15 – Tasse d'aeroporto e altre analoghe**

*Article 15 – Airport and similar charges*

*Every airport in a contracting State which is open to public use by its national aircraft shall likewise, subject to the provisions of Article 68, be open under uniform conditions to the aircraft of all other contracting States....*

*Articolo 15 - Tasse d'aeroporto e altre analoghe*

*Ogni aeroporto situato in uno Stato contraente e aperto al pubblico uso degli aeromobili di questo Stato è, salve le disposizioni dell'articolo 68, aperto, in condizioni uniformi, agli aeromobili di tutti gli altri Stati contraenti.*

Questa disposizione, secondo la circolare 328, si estende anche agli UA. Gli Stati contraenti sono liberi di consentire operazioni solo da/per aeroporti designati, a condizione che nessuna discriminazione sia introdotta rispetto alla registrazione, nazionale o non nazionale, dell'aeromobile.

### **8.1.6. Articolo 29 – Documenti di bordo degli aeromobili**

*Article 29 – Documents carried in aircraft*

*Every aircraft of a contracting State, engaged in international navigation, shall carry the following documents in conformity with the conditions prescribed in this Convention:*

- a. its certificate of registration;*
- b. its certificate of airworthiness;*
- c. the appropriate licenses for each member of the crew;*
- d. its journey log book;*
- e. if it is equipped with radio apparatus, the aircraft radio station license;*
- f. if it carries passengers, a list of their names and places of embarkation and destination;*
- g. if it carries cargo, a manifest and detailed declarations of the cargo.*

*Articolo 29 - Documenti di bordo degli aeromobili*

*Ogni aeromobile di uno Stato contraente, adibito alla navigazione aerea internazionale, deve, in conformità delle condizioni prescritte dalla presente Convenzione, avere a bordo i seguenti documenti:*

- a. il certificato di immatricolazione;*
- b. il certificato di navigabilità;*
- c. le patenti di abilitazione di ciascun membro dell'equipaggio;*
- d. il libro di bordo;*
- e. il permesso di usare la stazione radiocomunicante di bordo, quando l'aeromobile sia provvisto di un apparecchio radiocomunicante;*
- f. l'elenco nominale dei passeggeri, se ne trasporta, con l'indicazione del punto di partenza e di quello di destinazione;*
- g. un manifesto di carico e dichiarazioni particolareggiate del carico, se trasporta merci.*

Quanto all'articolo 29, ogni aereo di uno Stato contraente impegnato in navigazione internazionale dovrà portare a bordo i documenti in parola. Per un APR, questo potrebbe non essere applicabile e quindi la circolare che potrebbe essere considerato l'utilizzo di

versioni elettroniche di questi documenti. La necessità di trasportare a bordo dell'aeromobile certi documenti potrà essere riesaminata per verificare se esistono o possano essere sviluppate delle soluzioni alternative per gli APR.

#### **8.1.7. Articolo 31 – Certificati di aeronavigabilità**

*Article 31 – Certificates of airworthiness*

*Every aircraft engaged in international navigation shall be provided with a certificate of airworthiness issued or rendered valid by the State in which it is registered.*

*Articolo 31- Certificati di aeronavigabilità*

*Ogni aeromobile adibito alla navigazione aerea internazionale dev'essere munito di un certificato di navigabilità rilasciato o reso valido dallo Stato nel quale l'aeromobile è immatricolato.*

L'articolo 31 si applica equivalentemente anche agli APR impegnati nella navigazione internazionale: gli APR devono essere *airworthy* sebbene possano esistere delle differenze nel modo in cui l'aeronavigabilità possa venire certificata rispetto ai velivoli manned

#### **8.1.8. Articolo 32 – Licenze del personale**

*Article 32 – Licenses of personnel*

- a. The pilot of every aircraft and the other members of the operating crew of every aircraft engaged in international navigation shall be provided with certificates of competency and licenses issued or rendered valid by the State in which the aircraft is registered.*
- b. Each contracting State reserves the right to refuse to recognize, for the purpose of flight above its own territory, certificates of competency and licenses granted to any of its nationals by another contracting State.*

*Articolo 32 - Licenze del personale*

- a. Il pilota e gli altri membri del personale di bordo di ogni aeromobile adibito alla navigazione aerea internazionale, devono essere provvisti delle patenti di abilitazione e delle licenze rilasciate o rese valide dallo Stato nel quale l'aeromobile è immatricolato.*
- b. Ogni Stato contraente ha il diritto di non riconoscere, per la circolazione aerea al di sopra del suo territorio, le patenti di abilitazione*

La Circolare precisa che i piloti e gli altri membri di un APR non sono necessariamente soggetti all'articolo 32 che è stato redatto appositamente per l'equipaggio che svolge le proprie mansioni a bordo di un aeromobile. Nonostante ciò, questi devono essere adeguatamente addestrati, qualificati e in possesso di una licenza o di un certificato di competenza volto a garantire l'integrità e la sicurezza del sistema dell'aviazione civile. Fino a che delle SARP specifiche per licenze e certificati degli equipaggi degli APR non verranno adottati nel Annex 1 - Personnel Licensing alla convenzione di Chicago, esisterà

un gap da colmare nel modo in cui gli Stati rilasceranno, renderanno validi o riconosceranno tali licenze e certificati.

### **8.1.9. Articolo 33 – Riconoscimento dei certificati e delle licenze**

*Article 33 – Recognition of certificates and licenses*

*Certificates of airworthiness and certificates of competency and licenses issued or rendered valid by the contracting State in which the aircraft is registered, shall be recognized as valid by the other contracting States, provided that the requirements under which such certificates or licences were issued or rendered valid are equal to or above the minimum standards which may be established from time to time pursuant to this Convention.*

*Articolo 33 - Riconoscimento dei certificati e delle licenze*

*I certificati di navigabilità, le patenti di abilitazione e le licenze, rilasciati o resi validi dallo Stato contraente nel quale l'aeromobile è immatricolato, sono riconosciuti validi dagli altri Stati contraenti, purché le condizioni richieste per il rilascio o la convalidazione di queste patenti e licenze siano equivalenti o superiori ai requisiti minimi che potrebbero essere stabiliti in virtù della presente Convenzione.*

L'articolo 33 è la base del riconoscimento reciproco dei certificati e le licenze, tuttavia, è da notare che potrebbero esserci, e ci sono, differenze significative nel modo in cui vengono emessi i certificati per gli UAS. Come con ogni aereo con equipaggio anche un UA deve possedere un certificato di aeronavigabilità. La certificazione di altri elementi che costituiscono un APR e che permettono ad un APR di operare (stazione di pilotaggio remoto, link di comando e controllo, etc) è una questione che deve essere ancora affrontata esplicitamente e codificato uno standard. La risoluzione A36-13<sup>253</sup> decide che gli Stati membri riconoscono la validità di certificati e le licenze rilasciate da altri Stati, quando gli standard internazionali per talune categorie di aeromobili o classi di aviatori non sono ancora stati sviluppati. Gli Stati sono pertanto incoraggiati a sviluppare normative nazionali che faciliteranno il riconoscimento reciproco dei certificati per unmanned velivoli, fornendo i mezzi per autorizzare il volo sopra i propri territori, compresi gli atterraggi e decolli da parte di nuovi tipi e categorie di aeromobili. Un aggiornamento alla risoluzione dell'Assemblea A36-13 può essere necessario per indirizzare direttamente le questioni inerenti il riconoscimento reciproco delle licenze dei piloti e degli altri membri dell'equipaggio di un APR.

---

<sup>253</sup> ICAO "Assembly Resolution A36-13, Appendix G, *Certificates of airworthiness, certificates of competency and licenses of flight crews (clause 2)*

## Bibliografia e sitografia

Tutti i link riportati erano attivi alla data del 31 ottobre 2011.

J. Pappalardo, *The Future of UAV in U.S. Air Force* – Feb. 2010,

<http://www.popularmechanics.com/technology/aviation/military/4347306>

United States Air Force – *Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009 – 2047* – 2009

P.W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense , *Wired for War – The Robotic revolution and conflict in the 21<sup>st</sup> Century* - Gen. 2009

L. Caravita, A. Tsourdos, N. Aouf, B. White, P. Silson, Indian Institute of Science, Bangalore (India), *Control strategies applied to waypoint navigation and obstacle avoidance guidance*– Feb 2006

Hawking S., *A Brief History of Time From the Big Bang to Black Holes* - 1988

Office of the Secretary of Defense, *Unmanned Systems Roadmap 2007-2032* – Dic. 2007

[http://www.dtic.mil/doctrine/dod\\_dictionary/](http://www.dtic.mil/doctrine/dod_dictionary/) - Mag. 2011

Joint Chief of Staff, *Joint Publication 3-52 “Joint Airspace Control”* - Mag. 2010

Kyle Peterson, Official Website Reuters.com - *You say "drone," I say "remotely piloted"* – Dic. 2009, <http://www.reuters.com/article/2009/12/16/us-aero-arms-summit-drones-idUSTRE5BF4DZ20091216>

ICAO Circular 328, *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular* – Mar. 2011

US National Test Pilot School – *Uninhabited Air Vehicle Short Course*

Defense Science Board Study, *Unmanned Aerial Vehicles and Uninhabited Aerial Combat Vehicles* - Feb. 2004

Legge 14 luglio 2004, n. 178, "*Disposizioni in materia di aeromobili a pilotaggio remoto delle Forze armate*" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 168 del 20 luglio 2004

G. Warwick, Aviation Week online – Apr. 2010 - [www.aviationweek.com](http://www.aviationweek.com)

UK Minister of Defense, Joint Doctrine Note 2/11, *The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems* – Mar. 2011

Defense Advanced Research Project <http://www.darpa.mil/>

J. Markoff, New York Times – *Google cars drive themselves in traffic* – Ott. 2010,  
<http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html?pagewanted=all>

B. Rosenberg, *Small unmanned systems play outsized role in tactical operations* – Mag. 2011, <http://defensesystems.com/articles/2011/05/03/c4isr-1-unmanned-aircraft-systems-advances.aspx>

USAF Official Website- *Global Hawk collects reconnaissance data during Haiti relief efforts* – Gen. 2010, <http://www.af.mil/news/story.asp?id=123185754>

<http://www.unmanned.co.uk/unmanned-vehicles-news/unmanned-aerial-vehicles-uav-news/global-hawk-set-to-watch-over-north-korea/>

Naval Research Laboratory, *NRL's Ion Tiger Sets 26-Hour Flight Endurance Record* – 2009, <http://www.nrl.navy.mil/pao/pressRelease.php?Y=2009&R=126-09r>

<http://www.airforcetimes.com/news/2010/10/air-force-uav-autonomy-101610w/> - Ott. 2010

<http://www.uasvision.com/2011/02/16/us-air-force-plans-10-new-uas-squadrons/> - Feb. 2011

Dr. Mikel M. Miller Chief Technologist Air Force Research Laboratory – *Collaboration for the Future* - Giu. 2011

Department of Defense, Aircraft Procurement Plan Fiscal Years (FY) 2012-2041  
Submitted with the FY 2012 Budget - Mar. 2011

Standard & Poor's - *Research Update: United States of America Long-Term Rating Lowered To 'AA+' On Political Risks And Rising Debt Burden; Outlook Negative* – Ago. 2011

Jeremiah Gerter - *F-35 Joint Strike Fighter (JSF) Program: Background and Issues for Congress* – [www.crs.gov](http://www.crs.gov) – Dec. 2009

Zaloga, Rockwell, Finnega – Teal Group, *World Unmanned Aerial Vehicle Systems, Market Profile and Forecast* – Ed. 2011

Mike Smith, <http://www.suasnews.com/2011/03/3981/teal-group-predicts-worldwide-uav-market-will-total-just-over-94-billion-in-its-just-released-2011-uav-market-profile-and-forecast/> - Mar. 2011

The Washington Post, Official Website, *Global race on to match U.S. drone capabilities* – Lug. 2011, [http://www.washingtonpost.com/world/national-security/global-race-on-to-match-us-drone-capabilities/2011/06/30/gHQACWdmxH\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/world/national-security/global-race-on-to-match-us-drone-capabilities/2011/06/30/gHQACWdmxH_story.html)

The Wall Street Journal, Official Website, J. Page, *China's New Drones Raise Eyebrows* – Nov. 2010,  
[http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703374304575622350604500556.html?mod=WSJ\\_hp\\_mostpop\\_read](http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703374304575622350604500556.html?mod=WSJ_hp_mostpop_read)

NRC (National Research Council), 2005, *Avoiding Surprise in an Era of Global Technology Advances*. Washington, DC: National Academy Press.

P. W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense, *How the U.S. Military Can Win the Robotic Revolution Military Technology*, Defense, Technology, U.S. Department of Defense , Director, 21st Century Defense Initiative – Mag. 2010

P.W. Singer, 21st Century Defense Initiative Military Technology, U.S. Department of Defense , *Wired for War – The Robotic revolution and conflict in the 21<sup>st</sup> Century* – Gen. 2009

Brad Allenby. Sch. of Sustainable Eng. & the Built Environ., Arizona State Univ., *Emerging Technologies, Military Operations, and National Security: Fundamental Drivers for Development and Deployment of Radical Technologies*, 2011 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)

Air Force Research Laboratory, *Technology Horizons: A Vision for Air Force Science & Technology During 2010-2030* – Mag. 2010

2008 USAF Almanac , *The Air Force – Facts and Figures*, AIR FORCE Magazine - Mag. 2008

USAF Official Website, *Air Force's 'Technology Horizons' makes science fiction a reality* – Lug. 2010, <http://www.af.mil/news/story.asp?id=123213717>

P. Thagard, *Cognitive Science*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2008 Edition), Edward N. Zalta - 2009

S. Luber, *Cognitive Science Artificial Intelligence: Simulating the Human Mind to Achieve Goals* IEEE University of Michigan Ann Arbor, U.S.A. - 2011

Alan M. Turing, *Computing machinery and intelligence*, in *Mind*, 59, pp. 433-460, 1950

J.E. Laird, Y. Wang, *The Importance of Action History in Decision Making and Reinforcement Learning* - Proceedings of the Eighth International Conference on Cognitive Modeling. Ann Arbor, MI - 2007

L. Zadeh, *On Cognitive Foundations of Creativity and the Cognitive Process of Creation* - Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Cognitive Informatics, Stanford University, California, USA - 2008

M. Latek, S.M. Mussavi Rizi, *Plan, replan and plan to replan algorithms for robust courses of action under strategic uncertainty* BRIMS Charleston, SC, USA – Mar. 2010

Col. J.R. Gear, USAF - *USAF RPA Update – Looking to the future* – Giu. 2011

S. Pradeesh Hosea, V. Harikrishnan, K. Rajkumar, Department of Computer Science KSR College of Arts and Science, Tiruchengode India – *Artificial Intelligence* – 2011

J. G. Taylor, Member, IEEE, Fellow, *A Roadmap for Autonomous Adaptive Systems: The Brain-Guided Attention (BGA) System* – 2010

B.T. Clough, Air Force Research Laboratory Wright-Patterson AFB, *Metrics, Schemetrics! How The Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?* – Ago. 2002

UK Ministry of Defence, *Joint doctrine note 3/10 Unmanned Aircraft Systems: terminology, definitions and classification* – Mag. 2010

I. Panella, Bio-inspired, Learning and Intelligent Systems for Security, Thales UK, *Artificial intelligence methodologies applicable to support the decision-making capability on board Unmanned Aerial Vehicles* - 2009

Chen, Wang, Li, College of Automation Northwestern Polytechnical University Xi'an Chima, IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, *A survey of Autonomous Control for UAV* – 2009

R. Cervo, S. Turillazzi, Università degli Studi di Firenze, *Insetti interattivi* - 2002

C. Dagradi, M. Ferrari, *Gli sciami umani* - 2011

Jianming Lv, Xueqi Cheng et al. , *LiveBT: Providing Video-on-Demand Streaming Service over BitTorrent Systems* – 2007

J.Kennedy, R. Eberhart, Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks. IV. pp. 1942–1948, *Particle Swarm Optimization* - 1995

Yan-fei Zhu, Xiong-min Tang, International Conference on Computer Application and System Modeling, *Overview of swarm intelligence* – 2010, pg. 1

D. R. Frelinger, J. Kvitky, W. Stanley, *Proliferated Autonomous Weapons: An Example of Cooperative Behavior* - 1998

H. Hashimoto, Shinichi Aso et al., Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, *Cooperative movement of human and swarm robot maintaining stability of swarm* - 2008

Tal Shima, S. Rasmussen, IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, VOL. 15, NO. 4, *Assigning Micro UAVs to Task Tours in an Urban Terrain* - 2007

D. Morales, Aeronautics and Astronautics Massachusetts Institute of Technology, *UAVs as Tactical Wingmen: Control Methods and Pilots' Perceptions*

S. Edwards, *Swarming and the future of warfare* – 2004

D. A. Wilkening, Center for International Security and Cooperation, Stanford University, Stanford, *Airborne Boost-Phase Ballistic Missile Defense* - 2004

J. Jormakka, T. Saarelainen, Department of Military Technology National Defence University of Finland, *UAV-based Sensor Networks for Future Force Warriors* – 2011

Giulio Douhet, “Il dominio dell’aria” - 1921

Alice Calaprice, *The New Quotable Einstein* - 2005

A. Lacher et al. MITRE Corporation, *Airspace Integration Alternatives for Unmanned Aircraft* – Feb. 2010

Maj. S. Walker USAF, *Integrating Department Of Defense Unmanned Aerial Systems Into The National Airspace Structure* - 2010

U.S. Congress, House, *Hearing on Unmanned Aerial Vehicles and the National Airspace System*. 109th Cong, 2nd Sess. – Mar. 2006

P. Parkinson, *Tecnologia e Difesa, Il futuro è degli unmanned* - Apr. 2008

N. Hodge, *The Wall Street Journal, U.S. says drone, cargo plane collide over* – Ago. 2010  
[http://online.wsj.com/article/SB10001424053111903480904576512081215848332.html?mod=googlenews\\_wsj](http://online.wsj.com/article/SB10001424053111903480904576512081215848332.html?mod=googlenews_wsj)

U.S. Department of Defense, *Unmanned Systems Integrated Roadmap 2009-2034* – Apr. 2009

Code of Federal Regulations - Title 14 Aeronautics and Space; Part 91 General operating and flight rules; Section 113 Right-of-way rules: Except water operations

Code of Federal Regulations - Title 14 Aeronautics and Space; Part 91 General operating and flight rules; Section 111 Operating Near other Aircraft

Federal Aviation Administration, *Sense and Avoid (SAA) for Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, October 2009

J. Randolph Babbitt, Federal Aviation Agency "Safety Must Come First" – Nov. 2009  
[http://www.faa.gov/news/speeches/news\\_story.cfm?newsId=10964](http://www.faa.gov/news/speeches/news_story.cfm?newsId=10964)

U.S. Department of Defense, *UAS Airspace Integration Plan* – Mar. 2011

A. Lacher, D. Maroney, K. Markin, *High-Level Alternatives for Integrating Unmanned Aircraft into Civil Airspace* – Giu.2008.

EUROCONTROL *Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace*, Emergency Procedures, pg. 14

P. Parkinson, *Tecnologia e Difesa, Il futuro è degli unmanned* - Apr. 2008

EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION,  
EUROCONTROL-SPEC-0102 *EUROCONTROL Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace* – Lug. 2007

ICAO Circular 328, *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Circular* – Mar. 2011

Hall, Hamer, The Journal of the Joint Air Power Competence Centre, *NATO UAV Operations Capabilities and Obstructions to effective Use*

Lt. Com. C. T. Petrock, US Navy, *Unmanned Aircraft Systems: The Road to Effective Integration* - 2006

JP 3-52, *Joint Doctrine for Airspace Control in the Combat Zone*

U.S. Department of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030* – 2005

Wayne L. Shaw III, Lt Col, USAF, Journal of Electronic Defense , *USAF UAS Flight Plan: Opportunities and Implications for EW*, Ago. 2010

*The U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft and Unmanned Aerial Vehicle Strategic Vision*, 14

UAS Research, *Policy and Doctrine Impacts of Semi & Full Autonomous ISR & Weaponized RPA* - 2010

Lt. Gen. David Deptula USAF Deputy Chief of Staff for ISR,  
<http://www.defensenews.com/story.php?i=3896251>

A. Lacher, D. Maroney, K. Markin, *High-Level Alternatives for Integrating Unmanned Aircraft into Civil Airspace* – Giu.2008

David A. Fulghum, Aviation Week & Space Technology, *The War at Home* - Set. 2005

Defense Daily *Operator Error Cited in Predator Crash*, no. 23 Feb. 2001

Lt.Com. C.T. Petrock, Naval War College, *Unmanned Aircraft Systems: The Road To Effective Integration* – Feb. 2006

EUROCONTROL, EUROPEAN AIR TRAFFIC MANAGEMENT PROGRAMME, *UAS C3 Channel Saturation Study* – Apr. 2010

S. Fontaine, Air Force Times, *UAV autonomy limits flexibility* - Ott. 2010

<http://www.airforcetimes.com/news/2010/10/air-force-uav-autonomy-101610w>

E. Bumiller, T. Shanker, *War evolves with drones, some tiny as bugs* – Giu. 2011, [http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?\\_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles](http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles)

Joint Unmanned Aircraft Systems Center of Excellence, UAS News Digest, *Open Architecture Efficiencies in the Development of DoD UAS Ground Control Stations (GCS)* – Giu. 2011

STANAG 4586 NAVY (EDITION 2) - *Standard interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV interoperability* – Mag. 2011

Consortium for Robotics and Unmanned Systems Education and Research, *Services call for UAS programs to align with DOD'S open architecture* – Set. 2011

G. Warwick, Aviation Week, *Open Systems Could Cut Costs As Budgets Shrink* – Ago 2011

U.S. Army, Manned Unmanned Systems Integration Concept - Ott. 2011, <http://2011music.org/>

E. Ackerman, IEEE Spectrum, *AeroVironment's Nano Hummingbird Surveillance Bot Would Probably Fool You* – Mar. 2011, <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/military-robots/aerovironments-nano-hummingbird-surveillance-bot-would-probably-fool-you>

W.J. Hennigan, Los Angeles Times, *It's a bird! It's a spy! It's both* – Feb. 2011, <http://articles.latimes.com/2011/feb/17/business/la-fi-hummingbird-drone-20110217>

New York Times Official Website, *From blimps to bugs: the miniaturization of drone technology* – Giu. 2011, <http://www.nytimes.com/interactive/2011/06/20/world/military-tech.html?ref=world>

Wright Patterson Air Force Base Official Website, <http://www.wpafb.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=17006> – Lug. 2010

D. Pitman, Massachusetts Institute of Technology, *Collaborative Micro Aerial Vehicle Exploration of Outdoor Environments* – Feb. 2010

E. Thompson, Army, *Apple meet to discuss hand-held solutions for Soldiers* – 2011, <http://www.army.mil/article/36178/army-apple-meet-to-discuss-hand-held-solutions-for-soldiers/>

Raytheon Official Website, [http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rtn09\\_iphnapps/](http://www.raytheon.com/newsroom/feature/rtn09_iphnapps/)

New York Times, Official Website, *The iPhone goes to war*, <http://bits.blogs.nytimes.com/2009/12/16/the-iphone-goes-to-war/?partner=rss&emc=rss>

Defense News Official Website, *Guns, Grenades and iPads for Singapore Soldiers* – 2011, <http://www.defensenews.com/story.php?i=6934964>

BBC Official Website, <http://www.bbc.co.uk/newsbeat/10813964>

M. L. Cummings, Aeronautics & Astronautics Department at the Massachusetts Institute of Technology, *Unmanned Robotics & New Warfare: A Pilot/Professor's Perspective* – Mar. 2010

CNN Official Website, *Man, 26, charged in plot to bomb Pentagon using model airplane* – Ott. 2011

B. Dusza, C. Wietfeld, Commun. Networks Inst., Dortmund University of Technology, *Performance evaluation of IEEE 802.16e mobile WiMAX for long distance control of UAV swarms* – Set. 2010

A. Greenberg, Forbes, *Flying drone can crack Wi-Fi networks, snoop in cell phones* – Lug. 2011, <http://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2011/07/28/flying-drone-can-crack-wifi-networks-snoop-on-cell-phones/>

USAF Official Website, *RPA training begins new chapter with infusion of youngest students* – Gen. 2011 <http://www.randolph.af.mil/news/story.asp?id=123239177>

J. A. Tirpak, AirForce Magazine - *Putting Pilots in RPA* - Lug. 2010

Washington Post Official Website, [http://www.washingtonpost.com/world/national-security/cia-flew-stealth-drones-into-pakistan-to-monitor-bin-laden-house/2011/05/13/AF5dW55G\\_story.html](http://www.washingtonpost.com/world/national-security/cia-flew-stealth-drones-into-pakistan-to-monitor-bin-laden-house/2011/05/13/AF5dW55G_story.html)

Corriere della Sera, Sito Ufficiale, [http://www.corriere.it/esteri/11\\_maggio\\_02/bin-laden-morto\\_00034bc2-747a-11e0-a12f-3a82d10cc9fa.shtml](http://www.corriere.it/esteri/11_maggio_02/bin-laden-morto_00034bc2-747a-11e0-a12f-3a82d10cc9fa.shtml)

R.C. Arkin, Mobile Robot Laboratory, College of Computing, Georgia Institute of Technology, Atlanta – *Ethical robots in warfare* - 2010

R. Kurzweil, *The Singularity is near – When Humans transcend biology* - 2005

Noel Sharkey, University of Sheffield, *Cassandra or False Prophet of Doom: AI Robots and War* – 2008.

New York Times, Official Website, *C.I.A. Drone Is Said to Kill Al Qaeda’s No. 2* – Ago. 2011 <http://www.nytimes.com/2011/08/28/world/asia/28qaeda.html>

CNN, Official Website, *Officials: U.S.-born al Qaeda cleric Anwar al-Awlaki killed* – Set. 2011 <http://edition.cnn.com/2011/09/30/world/africa/yemen-radical-cleric/>

G. Veruggio, CNR-IEIT, Università di Genova, IEEE Robotics and Automation Magazine, *Roboethics - La roboetica* – 2010

G. Gilbert, M. Beebe, NATO Research & Technology Organization, *Unmanned Systems for Combat Casualty Care*

P. Łichocki, A. Billard (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne), P H. Kahn Jr., University of Washington, IEEE Robotics & Automation Magazine, *The Ethical Landscape of Robotics* – Apr. 2011

Noel Sharkey, University of Sheffield, *The Ethical Frontiers of Robotics* – Dic. 2008

P. Lin, G. A. Bekey, K. Abney, *Robots in war: Issues of risk and ethics* - 2009, pgg. 49–67

R. C. Arkin, Mobile Robot Laboratory Georgia Institute of Technology - *Governign lethal behavior* – 2009

P. M. Asaro. HUMlab & Department of Philosophy, Umeå University , *How Just Could a Robot War Be?* - 2008

B. Caulfield, Forbes, *Robot Car Involved In Cras: Google Blames Human*  
<http://www.forbes.com/sites/briancaulfield/2011/08/05/robot-car-involved-in-crash-google-blames-human-error/>

P. H. Kahn, Jr., *The paradox of riskless warfare* - 2002

Christopher Grau, Florida International University , IEEE Intelligent Systems , *There Is No “I” in “Robot”: Robots and Utilitarianism* - 2006

N. Sharkey, University of Sheffield, IEEE Technology And Society Magazine, *Death strikes from the sky: the calculus of proportionality* - 2009

I. Asimov, Astounding Science Fiction, *Runaround* – 1942

<http://www.defenseindustrydaily.com/uav-ground-control-solutions-06175/>

Science Daily Web site, *Military Use Of Robots Increases*,

<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/08/080804190711.htm>

United Nations, General Assembly, *Study on targeted killings* – Mag. 2010

J.S. Canning, Dahlgren Division, Naval Surface Warfare Center, *A Definitive Work on Factor Impacting the Arming of Unmanned Vehicles* - 2002.

E. Bumiller, T. Shanker, *War evolves with drones, some tiny as bugs* – Giu. 2011,

[http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?\\_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles](http://www.nytimes.com/2011/06/20/world/20drones.html?_r=2&pagewanted=2&ref=unmannedaerialvehicles)

The Joint Air Power Competence Centre, *Strategic Concept Of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO* - 2010

Col. Mathewson - *Academic Opportunities: Developing the Future of UAS/RPA* at Mississippi State University Starkville, MS - April 7-8, 2010 -

[www.hpc.msstate.edu/UAS/files/02-Mathewson.pdf](http://www.hpc.msstate.edu/UAS/files/02-Mathewson.pdf)



## Ringraziamenti

*“Siamo ciò che facciamo ripetutamente. L'eccellenza non è un'azione, bensì un'abitudine” (Aristotele).*

Un doveroso ringraziamento è rivolto allo Stato Maggiore Aeronautica, per aver proposto e supportato la mia candidatura per questo progetto di ricerca, ed a questo prestigioso Ce.Mi.S.S. per la guida ed il sostegno nel corso della redazione e per aver acconsentito alla sua pubblicazione.

Desidero porgere inoltre i miei ringraziamenti a *la Sperimentale* che, in questi anni, mi ha permesso di osservare da vicino professionisti per i quali la continua ed applicata dedizione, la curiosità intellettuale, il coraggio di provare ma in modo competente, la multidisciplinarietà, il desiderio di crescere e la consapevolezza di potersi migliorare, fanno parte della naturale quotidianità: sono un *attitude*, non un'eccezione.

La mia devota riconoscenza e la mia più profonda gratitudine vanno infine alla mia Famiglia. Tutto il resto ce lo diciamo stasera, domani, ogni giorno e chissà quante altre volte ancora, perché tenersi per mano invece, non diventi mai un'abitudine.

Magg. G.A.r.n. Luigi CARAVITA

## Ce.Mi.S.S.<sup>254</sup>

Il Centro Militare di Studi Strategici (Ce.Mi.S.S.) e' l'Organismo che gestisce, nell'ambito e per conto del Ministero della Difesa, la ricerca su temi di carattere strategico.

Costituito nel 1987 con Decreto del Ministro della Difesa, il Ce.Mi.S.S. svolge la propria opera valendosi di esperti civili e militari, italiani ed esteri, in piena liberta' di espressione di pensiero.

Quanto contenuto negli studi pubblicati riflette quindi esclusivamente l'opinione del Ricercatore e non quella del Ministero della Difesa.

## Luigi CARAVITA<sup>255</sup>



Il Magg. G.A.r.n. Luigi CARAVITA proviene dai Corsi Regolari dell'Accademia Aeronautica (Rostro III) ed è laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni.

Collaudatore di produzione ed Ingegnere Sperimentatore di Sistemi, presta servizio presso il Reparto Sperimentale Volo dell'Aeronautica Militare, ove si occupa degli aspetti di sviluppo ed integrazione avionica del velivolo Eurofighter F-2000 e di Unmanned Aircraft Systems. E' insegnante di Avionica presso l'Accademia Aeronautica.

---

<sup>254</sup> [http://www.difesa.it/smd/casd/istituti\\_militari/CeMISS/Pagine/default.aspx](http://www.difesa.it/smd/casd/istituti_militari/CeMISS/Pagine/default.aspx)

<sup>255</sup> <http://www.linkedin.com/pub/luigi-caravita/12/b7/52>