



Il futuro del Dominio Aereo all'avvento della Sesta Generazione

Ottobre 2024

Il futuro del Dominio Aereo all'avvento della Sesta Generazione

Ottobre 2024

Emmanuele Panero – Responsabile desk Difesa e Sicurezza

Andrea Russo – Junior Fellow desk Difesa e Sicurezza

Esplora tutti i nostri programmi

-  Africa
-  Americhe
-  Asia e Pacifico
-  Difesa e Sicurezza
-  Europa
-  Geoeconomia
-  Medio Oriente e Nord Africa
-  Russia e Caucaso
-  Terrorismo e Radicalizzazione
-  Conflict Prevention
-  Xiáng

INDICE

INTRODUZIONE	4
L'EVOLUZIONE GENERAZIONALE DEI VELIVOLI DA SUPERIORITÀ AEREA ..	6
IL SISTEMA DI SISTEMI: IL CACCIA DI SESTA GENERAZIONE	10
I SISTEMI DEL SISTEMA: I DRONI GREGARI.....	15
LA PROSPETTIVA STATUNITENSE: NGAD ED F/A-XX	18
LA PROSPETTIVA ANGLO-ITALO-NIPPONICA: GCAP.....	21
LA PROSPETTIVA FRANCO-TEDESCO-SPAGNOLA: FCAS	23
GLI ALTRI PROGETTI SULLA SESTA GENERAZIONE	26
CONCLUSIONI	21

Introduzione

Il riaffermarsi pervasivo della competizione strategica multilivello su scala globale, regionale e locale, ed il parallelo riemergere del relativo estremo della conflittualità convenzionale ad alta intensità come possibilità immanente, ha promosso una diffusa revisione dottrinale, organizzativa e capacitiva, tra gli altri, dello strumento militare aereo, intesa a mantenere la superiorità nella terza dimensione. La proliferazione e l'affinamento di sensori ed effettori superficie-aria crescentemente integrati ed in grado di contestare o negare il dominio dell'aria, imponendo un attrito costante alle forze aeree avversarie ed arrivando a generare bolle a limitazione all'accesso d'area (A2/AD – *Anti-Access/Area-Denial*), combinato con i significativi programmi di modernizzazione trasversale delle flotte aeree di *peer* e *near-peer competitors* pone infatti sfide fondamentali per il prossimo futuro del dominio aereo. Le ostilità convenzionali combattute negli ultimi cinquanta anni, dalla Guerra dei Sei Giorni all'attuale conflitto tra Federazione Russa ed Ucraina, indicano parallelamente l'importanza strategica, operative e tattica dello strumento militare aereo, sottolineando i deleteri effetti di un mancato conseguimento del dominio dei cieli: disarticolazione del ritmo operativo (*operational tempo*), attrizione della manovra, stagnazione della campagna ed aumento esponenziale delle perdite.

Sulla base di questa consapevolezza storico-dottrinale, alla luce della profonda trasformazione del campo di battaglia aereo e della progressiva obsolescenza delle flotte di caccia da superiorità aerea, numerose Aeronautiche Militari, soprattutto occidentali, hanno inaugurato programmi di sviluppo per dotarsi di aeromobili aggiornati, capaci di performare al meglio nel combattimento aria-aria, di sopravvivere nella sempre più letale terza dimensione e di penetrare sistemi di difesa aerea multilivello. Questa nuova generazione di caccia, la sesta, mira ad introdurre innovazioni tecnologiche considerevoli che si propongono di trasformare radicalmente l'impiego dello strumento aereo e di alterare in misura potenzialmente decisiva i rapporti di forza nella competizione militare. Il presente *Focus Report* intende illustrare in primo luogo gli elementi che differenziano le precedenti cinque generazioni e mezza (incluso la cosiddetta generazione 4.5, o “mezza generazione”) l'una dall'altra, procedendo poi ad analizzare le tendenze tecnico-dottrinali comuni ai caccia

tutt'ora in fase di sviluppo, per poi esporre le caratteristiche del principale elemento di innovazione del concetto operativo che sottostà alla creazione del velivolo, ossia l'impiego di droni gregari in un sistema di sistemi. Infine, verrà delineato lo stato di avanzamento dei principali programmi di sviluppo degli aeromobili di sesta generazione, con particolare riguardo al *Next Generation Air Dominance* (NGAD) statunitense, al programma internazionale anglo-italo-nipponico *Global Combat Air Program* (GCAP) ed al progetto franco-tedesco-spagnolo *Future Combat Air System* (FCAS).

L'evoluzione generazionale dei velivoli da superiorità aerea

Al fine di valorizzare l'apporto evolutivo perseguito nei programmi di sesta generazione, appare opportuno individuare a premessa i principali miglioramenti capacitivi, tecnici e tecnologici che nei decenni hanno portato alle flotte contemporanee di velivoli da superiorità aerea. La prima generazione di caccia acquisiva infatti le innovazioni più significative introdotte sugli aerei militari nel corso della Seconda Guerra Mondiale, in particolare motori a getto in grado di generare velocità notevolmente maggiori rispetto ai caccia a propulsione a turboelica, sebbene pur sempre inferiore a quella del suono. Tali aeromobili fecero la loro comparsa nel corso degli ultimi anni del Secondo Conflitto Mondiale (emblematico in merito il caccia *Messerschmitt Me-262* tedesco) e furono i protagonisti principali delle operazioni aeree durante la Guerra di Corea (1950-1953). La seconda generazione di caccia si afferma invece a partire dalla metà dagli anni Cinquanta, periodo che segna un significativo sviluppo tecnologico nel campo dell'aviazione. I velivoli militari di seconda generazione beneficiavano di un'aerodinamica e di una propulsione migliorate grazie all'introduzione delle ali a freccia (già presenti su alcuni esemplari pionieristici di prima generazione) e del postbruciatore, quest'ultimo in grado di produrre un significativo aumento di spinta e di permettere al velivolo di operare in regime transonico, ossia a ridosso della velocità del suono. Ancora più rilevanti furono i progressi compiuti per quanto riguardava i sistemi elettronici integrati a bordo e gli armamenti, con l'inclusione di radar di navigazione, rudimentali sistemi di controllo del fuoco e dei primi missili aria-aria a guida semi-attiva o infrarossa (IR), come l'*AIM-9 Sidewinder*. Queste innovazioni permisero una significativa estensione delle capacità di detezione e di ingaggio da parte degli aeromobili, che congiuntamente al miglioramento delle prestazioni aerodinamiche segnarono l'inizio di un cambiamento radicale nella condotta dei duelli aerei, sino ad allora svolti esclusivamente con armi a tiro diretto quali mitragliatrici e cannoni automatici.

La terza generazione di caccia, introdotta nei primi anni Sessanta, segna poi una considerevole evoluzione per quanto attiene all'impiego tattico dei velivoli militari con l'introduzione del concetto di caccia multiruolo, ossia di un aeromobile in grado di svolgere sia il compito di intercettore (apparecchio appositamente costruito per raggiungere e ingaggiare i velivoli nemici) che quello di cacciabombardiere. L'elevazione al rango di armamento primario dei missili aria-aria guidati permetteva inoltre di estendere la distanza di ingaggio

oltre il campo visivo (BVR – *Beyond Visual Range*), mentre le armi automatiche di bordo furono relegate ad un ruolo ancillare ed impiegate esclusivamente per il combattimento a cortissima distanza. Nel segmento avionico e aerodinamico, la generazione registrava il temporaneo affermarsi delle ali a geometria variabile, implicante la possibilità per l'aeromobile di modificare l'angolo di freccia per migliorare la performance del velivolo a seconda della velocità e dell'altitudine di crociera. La quarta generazione di caccia, molti dei quali attualmente operativi al netto degli aggiornamenti, è successivamente entrata in servizio a partire dalla metà degli anni Settanta. L'aerodinamica degli aerei appartenenti a questa generazione è caratterizzata da un'enfasi sulla manovrabilità del mezzo piuttosto che sulla velocità, al fine di rendere il velivolo capace di performare manovre a coefficiente di accelerazione gravitazionale (forza G) elevato. Tale caratteristica è stata resa possibile dall'introduzione del sistema di controllo digitalizzato delle superfici di volo *fly-by-wire*, che ha permesso la rimozione della precedente componente idraulica inadatta a resistere a sollecitazioni così estreme. Le peculiarità più rilevanti degli assetti di quarta generazione riguardano inoltre la dotazione elettronica che, grazie alla miniaturizzazione dei componenti e dei circuiti, ha reso il velivolo una piattaforma idonea a trasportare e impiegare una vasta tipologia di sensori, sia attivi che passivi, finalizzati a migliorarne le capacità di intelligence, sorveglianza, ricognizione, acquisizione (ISTAR – *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance*) ed ingaggio del bersaglio. L'utilizzo di tali sensori elettro-ottici ed infrarossi viene poi integrato dall'impiego di munizionamento intelligente, quali armamenti aria-aria ed aria-superficie a guida laser o GPS. La complessità dei sistemi di bordo è stata studiata per integrare la piattaforma aerea nella rete di sensori e calcolatori teorizzata dalla dottrina della *Network-Centric Warfare*, che mira a sfruttare le potenzialità insite nella rivoluzione informativa prodotta dall'era digitale per offrire alla parte più tecnologicamente avanzata un decisivo vantaggio strategico-operativo, trasformando l'aereo in un nodo della rete di Comando, Controllo e Comunicazione (C3) del campo di battaglia.

La natura transizionale della generazione di caccia 4.5 è essenzialmente riconducibile invece ai consistenti tagli alle spese militari che seguirono la fine della Guerra Fredda. A differenza dei salti generazionali precedenti, questa categoria intermedia non introduce trasformazioni strutturali rispetto agli aeromobili di quarta generazione, presentando un aggiornamento e un miglioramento delle tecnologie già presenti su questi velivoli. Tra questi, l'integrazione più significativa è rappresentata dall'aggiunta dei radar a

scansione elettronica di ultima generazione (AESA – *Advanced Electronically Scanned Array*), che incrementano in misura consistente le capacità di scoperta e tracciamento del bersaglio, conferendo agli aeromobili una seppur limitata capacità di *Airborne Early Warning*. Inoltre, l'implementazione delle connessioni tra sistemi via *Tactical Data Link* (TDL) ha ulteriormente enfatizzato la centralità dei velivoli di questa generazione in un campo di battaglia net-centrico. Sebbene queste innovazioni apportino significative migliorie capacitive al velivolo, esse non comportano modifiche dottrinali tali da mutare profondamente l'utilizzo dello strumento militare aereo. Sotto il profilo dell'aerodinamica, si segnala la diffusione dell'ala a delta-canard, comune a diversi caccia di generazione 4.5, quali il Dassault *Rafale*, l'EFA 2000 *Typhoon* ed il JAS 39 *Gripen*.

Passando ai caccia di quinta generazione, i cui pochi modelli sono stati introdotti a partire dalla metà degli anni Duemila, la caratteristica principale è la *stealthness*, ossia la capacità di diminuire la segnatura radar grazie alla riduzione della sezione radar equivalente (RCS – *Radar Cross Section*) conseguita attraverso l'utilizzo di materiali radar-assorbenti (RAM – *Radar-Absorbent Material*), di specifiche vernici e mediante un'attenta progettazione della geometria e delle forme del velivolo. I caccia di quinta generazione ricorrono alla rimozione dei sostegni esterni sub-alari per l'armamento e dei *pod* apposti sul ventre contenenti i sistemi di navigazione e di *targeting*, integrando queste risorse direttamente nella fusoliera e in apposite baie interne. L'adozione di avanzate soluzioni ingegneristiche inerenti al raffreddamento dei motori ed all'occultamento dei gas di scarico contribuisce a ridurre anche la segnatura termica dell'aeromobile, che diviene dunque maggiormente protetto nei confronti del munizionamento a guida infrarossa. Obiettivo primario è quello di incrementare la capacità di sopravvivenza dell'aereo, rendendolo più difficile da individuare ed ingaggiare sia da altri aeromobili sia dai sistemi missilistici superficie-aria. L'elettronica di bordo è contraddistinta da sistemi C3 più avanzati e da una pervasiva presenza di sensori omnidirezionali di ultima generazione, volti a conferire al pilota una consapevolezza situazionale (*situational awareness*) amplificata, anche grazie alla condivisione in tempo reale di una grande quantità di informazioni raccolte da altri sistemi d'arma. Da un punto di vista aerodinamico, questi aerei mantengono periodi di volo prolungati in regime supersonico senza l'utilizzo dei postbruciatori, la cosiddetta supercrociera (*supercruiser*, già adoperata dal Concorde), sebbene ciò avvenga al prezzo di un elevato dispendio di carburante.

Rispetto alle generazioni precedenti, infine, la sesta generazione si configura più correttamente come un *framework* di sesta generazione, e non unicamente un caccia. Questo è dovuto alla presenza di diversi altri aeromobili a pilotaggio remoto, denominati *Collaborative Combat Aircrafts* (CCA), che andrebbero ad affiancare l'aereo sia per il combattimento aria-aria che per la condotta di bersagliamenti (*strike*) a terra, in particolare nella soppressione o neutralizzazione delle difese aeree nemiche (SEAD/DEAD – *Suppression/Destruction of Enemy Air Defenses*). I droni gregari assumerebbero in quest'ottica il ruolo di piattaforme per il trasporto di sensori e/o effettori remotizzati e interconnessi all'aereo tramite l'impiego dell'intelligenza artificiale (AI – *Artificial Intelligence*), la quale assicurerebbe un supporto decisionale ed esecutivo al pilota grazie alla raccolta e all'elaborazione in tempi minimi di un'enorme mole di dati. In ultimo, le innovazioni rilevanti apportate da questo nuovo salto generazionale non precludono la cooperazione con le piattaforme delle generazioni precedenti, comunque destinate a restare in servizio per diversi anni, ma al contrario determinano l'integrazione del *framework* di sesta generazione in una struttura net-centrica intergenerazionale basata sulla sempre più stretta collaborazione tra assetti *manned* ed *unmanned* (MUM-T – *Manned-Unmanned Teaming*).

Il sistema di sistemi: il caccia di sesta generazione

Sebbene sussista un numero piuttosto limitato di illustrazioni, modelli in scala e dimostratori associati ai programmi di caccia di sesta generazione, è possibile individuare alcune tendenze comuni tra i progetti che lasciano intuire quali potrebbero essere i tratti distintivi del velivolo rappresentante il nodo centrale del sistema di sistemi. *In primis*, va posta in evidenza un'accentuazione delle forme estremamente morbide e affusolate già tipiche dei caccia di quinta generazione, le quali permettono all'aeromobile di deflettere il segnale radar di ritorno e mantenere celata la sua posizione fino a distanze molto ridotte dalla sorgente. Posto che l'incremento delle prestazioni aerodinamiche del velivolo costituisce un obiettivo primario comune allo sviluppo dei caccia di nuova generazione, il *design* dell'aereo presenta un aumento significativo dell'estensione della superficie alare, nella quale il profilo della fusoliera va quasi a perdersi completamente (fusoliera integrata). L'apertura alare del velivolo è sensibilmente aumentata e l'ala, fatte salve le differenze tra i vari modelli, appare seguire una forma a delta tagliato (*cropped*). Altro elemento meritevole di particolare attenzione è la configurazione degli impennaggi posteriori del velivolo, sia quelli verticali, del tutto assenti o molto angolati nella maggior parte delle illustrazioni, sia degli stabilizzatori orizzontali, spesso rimossi. Tale soluzione è peraltro in linea con quanto già adottato per altri velivoli *stealth*, come il bombardiere B-2 *Spirit*, del tutto privo di impennaggi di sorta, o l'F-22 *Raptor*, che presenta delle derive molto inclinate per minimizzare la segnatura radar. Una parte del velivolo che invece non sembra avere attualmente una conformazione univoca nei diversi *concepts* rilasciati finora è la calotta. Alcune raffigurazioni del caccia statunitense di sesta generazione NGAD mostrano infatti un *canopy* piuttosto piccolo e appena ricurvo, di forma ellittica o addirittura romboidale, mentre il dimostratore del GCAP, presentato dal consorzio anglo-italo-nipponico nell'estate del 2024, ha una forma più classica. Considerate le prestazioni richieste all'aereo in termini di velocità ed altitudine, anche il policarbonato utilizzato per la calotta richiede inoltre trattamenti speciali.

Al pari delle connotazioni aerodinamiche, tra le innovazioni più importanti vi è il tipo di propulsione dell'aeromobile, direttamente correlato all'impiego tattico per cui esso è stato verosimilmente concepito. I programmi degli aerei da combattimento di sesta generazione si propongono infatti di sopperire alle limitazioni tecniche e progettuali dei jet della generazione precedente. Tanto il

programma *Advanced Tactical Fighter* (ATF) che il programma *Joint Strike Fighter* (JSF), entrambi risalenti alla metà degli anni Novanta, avevano infatti l'obiettivo di produrre un caccia che fosse in grado di eludere i sistemi di rilevazione aerea da impiegare nel corso di un'ipotetica guerra in Europa o nell'area mediterranea, dove gli Stati Uniti e gli Alleati avrebbero potuto fare affidamento sulla vasta rete di infrastrutture aeroportuali della NATO. I due caccia derivati dai programmi citati, l'*F-22 Raptor* e l'*F-35 Lightning II*, erano di conseguenza stati progettati per realizzare sortite a corto raggio, decollando da campi d'aviazione attrezzati, effettuando missioni di superiorità aerea o *strike* mirati di breve durata e rientrando rapidamente alla base per rifornirsi e riarmarsi. Conseguenza di questa dottrina di impiego era stata la limitazione del raggio d'azione e della capacità di carico dei velivoli, dovuta alla rimozione degli armamenti e dei serbatoi aggiuntivi sub-alari che inevitabilmente ne compromettevano la *stealthness*, sacrificati per migliorare la capacità dell'aeromobile di penetrare le difese aeree. L'emergere di nuovi *competitors* strategici di importanza primaria nel quadrante regionale dell'Indo-Pacifico ha indotto i soggetti istituzionali ed industriali partecipanti ai programmi di sviluppo a riflettere approfonditamente in merito alla conseguibilità della superiorità aerea in un'area del globo dove l'estensione del teatro operativo, le peculiari condizioni ambientali e la diffusa presenza di bolle A2/AD rappresentano delle sfide tecnico-operative difficilmente affrontabili con gli aeromobili attualmente in servizio. L'incremento dell'autonomia, della velocità e del *payload* del *fighter* sono state dunque prioritizzate in fase di progettazione. Il caccia di sesta generazione appare infatti destinato a coprire distanze più lunghe a velocità supersoniche trasportando un carico di armamenti maggiore. Sebbene gli indizi concreti in merito a quale possa essere la soluzione per la propulsione siano rari, sembra che si possa andare verso l'adozione di un motore a ciclo adattivo (ACE – *Adaptive Cycle Engine*), ossia di un propulsore capace di massimizzare le prestazioni in condizioni di volo miste. Questo permetterebbe all'aereo di operare in regime subsonico, transonico e supersonico anche per lunghi periodi senza stressare eccessivamente la componentistica e soprattutto efficientando il motore per ridurre al minimo il consumo di carburante, con diretti risvolti positivi sull'autonomia dell'apparecchio. La soluzione ipotizzabile per il programma statunitense, l'unico tra i principali ad aver rilasciato informazioni più dettagliate in merito, sembra essere il motore ACE a tre flussi XA100, sviluppato dalla General Electric. Tale sistema di propulsione, già considerato quale possibile sostituto del motore Pratt&Whitney F135 per la versione *Block 4* dell'*F-35*, prevede l'impiego di un terzo flusso di *bypass* oltre a quelli generati dalla ventola e dal *turbojet*. Questo flusso dispone di un percorso esterno

parallelo a quello secondario e può essere impiegato alternativamente sia per aumentare la spinta dell'aeromobile in modalità di massima potenza che come ulteriore metodo di raffreddamento ed efficientamento del motore. Ribadendo ancora una volta la natura speculativa di tali informazioni a causa dell'insufficienza di dati certi a disposizione, si è stimato che un simile sistema propulsivo possa garantire al caccia una velocità massima pari a Mach 2,2-2,5, ossia quasi 3.000 Km/h.

Il raffreddamento del motore, quantomeno per quanto concerne il programma NGAD, è però al centro delle preoccupazioni sia degli ingegneri che del *Joint Program Office* della *US Air Force* (USAF), con la possibilità di dotare il caccia di sesta generazione di un nuovo sistema di raffreddamento proposto da Collins Aerospace noto come *Enhanced Power And Cooling System* (EPACS), progettato per funzionare alla capacità di 80 kilowatt per un tempo indefinito attraverso tutti gli elementi dell'involucro di volo, garantendo una temperatura del liquido di raffreddamento dei sistemi del velivolo intorno ai 15° C. Sebbene permangano alcuni fattori ostativi di natura tecnica (soprattutto inerenti al peso del sistema), aumentare le capacità di raffreddamento del *fighter* appare imprescindibile per almeno tre ordini di motivazioni: in primo luogo, migliorare le performance del motore preservandone al contempo i componenti per allungarne la vita operativa; secondariamente, garantire il funzionamento di una suite di apparecchiature elettroniche sempre più ricca di strumenti centrali per le capacità di combattimento del velivolo; e in ultimo per diminuire il più possibile la segnatura termica dell'aeromobile, al fine di renderlo ancora meno rilevabile ai sistemi più avanzati di ricerca e tracciamento infrarosso (IRST – *InfraRed Search and Track*). È infine opportuno sottolineare che, dopo un'iniziale incertezza, non sembra che i prototipi di motori attualmente allo studio siano dotati di spinta vettoriale, il che porterebbe ad escludere che sia in sviluppo una versione imbarcata dell'aereo dotata di capacità di decollo corto e atterraggio verticale (STOVL – *Short Take-Off and Vertical Landing*).

Anche la manutenibilità del velivolo e la salvaguardia delle caratteristiche tecniche avanzate sono state soggette ad un'accurata revisione, soprattutto per quanto concerne il programma NGAD, nell'ottica di un eventuale impiego nel teatro dell'Indo-Pacifico. Il materiale radar-assorbente, molto delicato, deve essere infatti adattato per evitare di incorrere in un deperimento prematuro a causa delle condizioni di umidità, salinità e temperatura radicalmente diverse rispetto a quelle proprie del clima europeo. In termini comparativi, secondo lo *US Government Accountability Office*, oltre il 70% del totale dei costi relativi al

programma JSF di quinta generazione è attribuibile al mantenimento della flotta in stato di prontezza operativa, a fronte di meno del 30% per l'acquisizione degli assetti.

Parallelamente, il carico utile del velivolo di sesta generazione appare non ancora definito, nonostante l'aumento del *payload* rimanga uno dei requisiti critici del nuovo caccia. Esattamente come i suoi predecessori di quinta generazione, l'aereo farà plausibilmente ampio uso di baie interne poste nella parte inferiore e nella sezione laterale del ventre della fusoliera. All'intero di questi alloggiamenti prenderà posto una panoplia composta da diverse tipologie di armamento aria-superficie (guida GPS o laser) e aria-aria (sia a guida IR che radar), inclusi, nel caso statunitense, lo *Stand-in Attack Weapon* (SiAW) di Northrop Grumman e l'*AIM-260 Joint Advanced Tactical Missile* (JATM) di Lockheed Martin. È probabile che anche alcuni tipi di droni di dimensioni contenute possano essere stipati nelle baie, permettendo all'aereo di rilasciarli nel momento più opportuno come *Air Launched Effectors* (ALE).

Da quanto è possibile desumere dai *concepts* grafici finora emersi, il *cockpit* sarà notevolmente più stretto, riducendo drasticamente la visione fisica del pilota. Quest'ultimo, tuttavia, potrà contare sulla modalità di *sensor fusion* già sperimentata su velivoli come l'*F-35*, con la presenza diffusa di telecamere e sensori lungo tutta la fusoliera ad assicurare un'esperienza immersiva al pilota, abbattendo gli ostacoli visivi costituiti dalle pareti della cabina di pilotaggio, creando una sorta di realtà aumentata direttamente davanti agli occhi dell'operatore tramite il *display* integrato nel visore del casco (HMDS – *Helmet-Mounted Display System*). Un campo visivo di simile estensione fornisce al pilota un'*operational picture* sempre più dettagliata e costantemente aggiornata, permettendogli di identificare con sufficiente anticipo le potenziali minacce al velivolo e di assumere decisioni critiche in tempi ridotti. La consapevolezza situazionale del pilota sarà sempre più sensibilmente arricchita dall'impiego del *Tactical Combat Cloud*, un'architettura informatica finalizzata alla raccolta, all'elaborazione ed alla disseminazione dei dati ad un numero di utenti militari autorizzati che accedono a questo *data centre* tramite l'assetto o il sistema d'arma che stanno impiegando. Una simile risorsa digitale pone al centro la perfetta sinergia tra le piattaforme appartenenti alle diverse Forze Armate impegnate in tutti i domini operativi, rendendo estremamente flessibile la raccolta e la condivisione delle informazioni durante le cosiddette *Joint All-Domains Operations* (JATO). Si tratta di una sublimazione dei principi operativi della *Network-Centric Warfare*, che impiega la trasmissione istantanea delle

informazioni raccolte dai nodi di una rete di sensori per mantenere un *battle rhythm* elevato, creando un campo di battaglia sempre più trasparente all'interno del quale i vari assetti *blue* e *green* possono beneficiare di una tale asimmetria informativa rispetto all'avversario da vanificarne qualsiasi processo decisionale, poiché incapace di tenere testa all'evoluzione frenetica degli eventi tattici. Un sistema di simile sofisticazione, combinato con la capacità computazionale dell'AI, ha generato una vivace discussione circa l'opportunità di rimuovere del tutto il pilota dagli aerei di nuova generazione, ovvero di mantenerlo a bordo, ma con mansioni differenti. A tal proposito, è crescentemente emerso il concetto di velivolo *optionally manned*, ossia di un caccia che possa presentare sì una postazione per un operatore umano ma non necessariamente occupata dallo stesso. Verosimilmente, l'automazione di alcuni sistemi di navigazione permetterebbe all'operatore di gestire più liberamente i droni gregari, facendolo somigliare più ad un *Weapon System Officer* (WSO) che ad un pilota. Sebbene l'ipotesi potrebbe configurarsi come una tappa intermedia nel percorso di sviluppo del *fighter* per diminuirne i costi ed i tempi di sviluppo, questa è condizionata sia dai limiti della tecnologia odierna che da considerazioni di natura etico-giuridica, in particolare qualora si dovesse abilitare la macchina ad autorizzare ed eseguire azioni cinetiche secondo un procedimento decisionale *human-out-of-the-loop*, ossia senza alcuna forma di supervisione o approvazione umana. Nonostante la significativa attenzione al velivolo in sé e per sé, il concetto di sesta generazione appare trascendere per la prima volta le sole migliorie attinenti al caccia, ponendo specifica attenzione su di un *network* di assetti e capacità esterne al velivolo ed in particolare sui cosiddetti droni gregari.

I sistemi del sistema: i droni gregari

L'elemento che caratterizza maggiormente il caccia di sesta generazione è senza dubbio la presenza di un numero variabile di aeromobili a pilotaggio remoto (UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*) direttamente interconnessi al velivolo. Questi droni, denominati *Collaborative Combat Aircrafts (CCA)*, o anche *Loyal Wingman*, sono classificabili in diverse tipologie a seconda di una serie di caratteristiche e rappresentano l'elemento critico della strategia volta a razionalizzare e semplificare la sostenibilità delle operazioni aeree *expeditionary* in contesti caratterizzati da fattori geografici avversi e da un livello di attrito atteso elevato. L'obiettivo primario rimane la capacità di penetrazione di bolle A2/AD, ossia di aree di estensione più o meno ampia all'interno delle quali l'accesso e la condotta di operazioni aeroterrestri o aeronavali è resa proibitiva dalla presenza massiccia di un'architettura di difesa multilivello articolata e ridondante. A tale scopo, il Dipartimento della Difesa statunitense ha elaborato nel 2010 una dottrina apposita afferente *in primis* ad un teatro litoraneo come quello Indo-Pacifico, nota come *AirSea Battle*, evidenziando la necessità di disporre di assetti avanzati e predisposti a sopravvivere in un ambiente operativo altamente contestato, dove la minaccia alla supremazia aerea si manifesta tramite piattaforme designate per la creazione di effetti cinetici, come batterie missilistiche antiaeree, droni ed aerei avversari, e di strumenti preposti alla condotta di operazioni nell'ambiente elettromagnetico. I CCA avrebbero precisamente il compito di neutralizzare o quantomeno degradare i sistemi di difesa aerei integrati evitando di esporre i piloti e gli assetti più pregiati al rischio di essere individuati ed abbattuti. Per espletare tale compito, questi droni costituiranno, insieme al caccia di sesta generazione, un sistema di sistemi controllato grazie all'aiuto dell'AI, all'interno del quale elementi con un diverso grado di indipendenza perseguiranno in maniera differente il medesimo obiettivo. In questo modello il caccia si comporterebbe pertanto come un *quarterback* in una squadra di *football* americano, impostando una strategia e dirigendo la linea d'attacco, lasciando tuttavia ai singoli giocatori un certo livello di autonomia.

I CCA possono dunque ricoprire il ruolo tanto di sensori quanto di effettori e sono classificabili in funzione della sacrificabilità operativa degli stessi, ovvero del numero di missioni che ci si aspetta siano in grado di portare a termine. In base a questo criterio, è infatti possibile distinguere CCA *Expendable*, i quali hanno un costo contenuto e sono progettati per portare a termine un numero molto basso

di missioni, se non addirittura una sola; *Attritable*, ossia destinati ad essere recuperati e a svolgere più missioni, ma che qualora dovessero andare persi in combattimento non rappresenterebbero una perdita grave; ed *Exquisite*, assetti *top-notch* dal costo considerevole, da impiegare essenzialmente come degli aeromobili convenzionali e la cui distruzione in combattimento è da considerarsi scarsamente accettabile. L'integrazione operativa e l'impiego simultaneo di droni gregari provenienti dalle tre categorie mira a generare quell'*affordable mass* in grado di saturare, sorprendere e neutralizzare le difese avversarie, dispiegando e distribuendo sui singoli assetti capacità diversificate, funzionali a condurre attività di intelligence, sorveglianza e ricognizione (ISR – *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*), guerra elettronica (EW – *Electronic Warfare*) e *counter-EW*, attacco al suolo, DEAD/SEAD e persino missioni di superiorità aerea, ingaggiando velivoli nemici con armamento aria-aria (si parla in proposito di UCAV – *Unmanned Combat Air Vehicle*). La linea di CCA proposta da General Atomics, azienda già produttrice dell'MQ-1 *Predator* e delle sue iterazioni, rappresenta bene il concetto di piattaforma modulare attraverso la famiglia di sistemi *Gambit*. Questi CCA impiegano tutti il medesimo sistema propulsivo, ma montano una scocca differente a seconda del profilo di missione che il drone è chiamato a compiere. Pertanto, mentre i *Gambit 1, 2, e 4* sono impiegati rispettivamente come assetti ISR, da superiorità aerea e *combat recon*, il *Gambit 3* è un addestratore in grado di giocare il ruolo di caccia aggressore (*red/aggressor*) durante le simulazioni esercitative di *dogfight* per i piloti.

La capacità dei CCA di decollare da piste molto corte o la possibilità che essi vengano lanciati in volo, quali ALE, da altre piattaforme stand-off anche non stealth, come l'F-15EX *Eagle II*, i trasportatori tattici od i bombardieri strategici, permette di assumere una postura avanzata più dispersa e capillare, utile a prevenire attacchi a sorpresa contro le infrastrutture impiegate per il dispiegamento avanzato, quando gli assetti aerei sono nella loro condizione più vulnerabile. A tal proposito, è opportuno tenere in considerazione la logistica di teatro di questi strumenti, adattandola ad un modello snello ed efficiente, secondo un concetto operativo denominato *Agile Combat Employment* (ACE). Tale assunto dottrinale, ispirato nuovamente dal teatro dell'Indo-Pacifico, è basato sulla capacità di dispiegare e, se necessario, rischierare gli assetti in modo imprevedibile e con tempistiche ridotte in una pluralità di località avanzate, inclusi siti piuttosto remoti e scarsamente attrezzati. Alla concentrazione di massa si preferisce dunque un approccio distribuito e disperso, nonché elusivo, più confacente alle caratteristiche del teatro di operazioni. L'obiettivo è nascondere i propri assetti sottraendoli alle capacità ISR delle forze ostili, senza

rinunciare a dispiegarli a ridosso dell'area di operazioni, sia per compiti *combat* che per scopi di deterrenza. Per poter assumere tale postura, è necessario passare da infrastrutture grandi, vistose e complesse da gestire ad avamposti tattici essenziali, facili tanto da occultare quanto da mantenere in efficienza ed in stato di prontezza, con una presenza ridotta di personale (*Resilient Forward Basing*). A condizione che mantengano un'impronta logistica il più ridotta possibile, i CCA si configurano dunque come piattaforme intrinsecamente idonee a divenire l'elemento cardine dell'ACE. L'assenza di personale a bordo degli stessi riduce sensibilmente rischi ed esigenze logistiche, mentre la loro capacità di *teaming* con assetti *manned* ed *unmanned* permette di aumentare l'efficienza e l'estensione della *kill-chain* moltiplicando sia i sensori che gli effettori. In ultimo, disponendo di una struttura digitale basata su un'architettura aperta (*open architecture*), la modifica del *software* dei CCA richiede risorse umane e materiali relativamente esigue, il che permette di migliorare la resilienza dei droni gregari in un ambiente saturato da una grande quantità di minacce di natura differente. Le potenzialità del *machine learning* consentono infatti di porre a sistema le informazioni e i dati raccolti durante precedenti missioni e da un gran numero di altre piattaforme al fine di elaborare strategie compensative per incrementare le probabilità di sopravvivenza dell'UAV nel corso delle operazioni successive.

I significativi vantaggi strategici, operativi e tattici, assicurati da una fine integrazione di un numero limitato di velivoli con equipaggio con una flotta aerea scalabile e diversificata di droni gregari ha promosso in quest'ottica una diffusa sperimentazione dei CCA. Questi appaiono incrementalmente definire e ridefinire, con il progresso sinergico e convergente di robotica ed AI, i caratteri che contraddistinguono la sesta generazione, proiettando un futuro meno incentrato sulle capacità del singolo assetto e plausibilmente valorizzante il potenziale integrato pluri-effetto di un dispositivo aereo multiplatforma.

La prospettiva statunitense: NGAD ed F/A-XX

La necessità di un caccia di sesta generazione venne avvertita dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti dopo il 2010. L'insufficienza numerica e la progressiva obsolescenza degli aeromobili da supremazia aerea, riconducibile all'allocazione di ingenti quote di budget per l'acquisizione di assetti maggiormente impiegabili nei conflitti asimmetrici di quel periodo ed alla natura meramente ipotetica di un eventuale conflitto convenzionale *peer-to-peer*, imposero infatti una revisione in merito alla capacità delle Forze Armate statunitensi di mantenere il dominio nella terza dimensione, soprattutto in un teatro di crescente competizione strategica come quello dell'Indo-Pacifico. Nel 2014, la *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) pubblicò infatti uno studio, denominato *Air Dominance Initiative*, nel quale si sottolineava l'esigenza di rinnovare ed espandere la flotta di caccia F-15C/D *Eagle* e di F-22 *Raptor*, non eccedenti complessivamente le 370 unità, di cui solo una percentuale non superiore al 70% risultava in condizioni di effettiva prontezza operativa. Questa necessità veniva ulteriormente ribadita nel 2016 da uno studio pubblicato dalla USAF, intitolato *Air Superiority 2030*. In maniera analoga, anche la *US Navy* iniziò un programma di acquisizione volto a garantire un sostituto per il caccia imbarcato F/A-18 ed affiancare l'F-35C. I programmi di ricerca e sviluppo dei due aerei vennero dunque denominati rispettivamente *Next Generation Air Dominance* (NGAD) e F/A-XX.

Con oltre 4,2 miliardi di dollari già stanziati al 2024 per attività di ricerca e sviluppo e una previsione di spesa per il quinquennio 2025-2029 superiore ai 19 miliardi di dollari, l'NGAD è atteso in servizio per il 2030, andando così a costituire, insieme all'F-22 ed all'F35A, una triade di caccia *stealth* di quinta e sesta generazione sui quali si imperniranno le capacità della USAF di mantenere il controllo dello spazio aereo nell'area di operazioni e di condurre missioni di *Offensive Counter-Air* (OCA), finalizzate all'imposizione della superiorità ovvero della supremazia aerea sopra e nella profondità del campo di battaglia. Al fine di impedire che una singola azienda possa assurgere al rango di monopolista del processo di acquisizione, anche il *procurement* è stato strutturato secondo un innovativo schema tripartito, volto ad assicurare a tre *contractors* differenti il *design*, la produzione e la logistica dell'aeromobile, con lo scopo di garantire un alto livello di concorrenza e, quindi, teoricamente, di qualità del prodotto. Un dimostratore del velivolo risulta aver effettuato un primo test di volo già nel 2020, ma nell'estate del 2024, il programma è incorso in una revisione al ribasso

della previsione di spesa a fronte della crescita ipertrofica degli stanziamenti richiesti per completare la fase di sviluppo. Con un costo unitario stimato pari a circa 300 milioni di dollari, l'NGAD rischierebbe infatti di divenire un assetto troppo prezioso e difficilmente sostituibile per correre il pericolo che esso vada perso in combattimento, mentre è stato evidenziato come una serie di capacità previste per il caccia potrebbero essere esprimibili anche dai soli CCA, il cui programma parallelo prevede stanziamenti ulteriori per quasi 9 miliardi di dollari nel medesimo periodo. Una possibile soluzione a questa *impasse* potrebbe essere rappresentata da un'eventuale versione *light* dell'NGAD, per certi aspetti più simile ad un *upgrade* esteso dell'F-35 che ad un nuovo caccia vero e proprio. Questo nuovo aeromobile, allo studio da parte della USAF, avrebbe infatti dimensioni più contenute grazie alla diminuzione dei requisiti ai quali dovrebbe ottemperare, in particolare per quanto concerne le capacità di guerra elettronica e di *payload*.

In merito al Programma F/A-XX, già nel 2012 la *US Navy* aveva rilasciato una *request for information* per un caccia imbarcato da superiorità aerea con limitate capacità multiruolo, che sarebbe dovuto entrare in servizio nel 2030. Il documento programmatico *Navy Aviation Vision 2030-2035*, rilasciato nel 2021, poneva una particolare enfasi sul requisito del raggio d'azione del caccia di nuova generazione, definendo l'F/A-XX come uno dei due futuri pilastri della capacità di proiezione aeronavale dei *Carrier Strike Group* (CSG) statunitensi, con l'altro pilastro costituito dall'F-35C. Altri requisiti primari erano individuati nell'incremento del *payload*, nella presenza di una suite di sensori sia attivi che passivi e nella capacità di impiegare gli armamenti aria-aria a lungo raggio più performanti e moderni, incluso il missile AIM-174B, versione aria-aria del vettore superficie-aria/superficie RIM-174 *Standard Extended Range Active Missile* (ERAM), meglio noto come *Standard Missile 6* (SM-6), attualmente operato dagli F/A-18F. Simili caratteristiche erano giudicate necessarie per integrare il nuovo assetto nel concetto operativo delle *Distributed Maritime Operations* (DMO), *framework* dottrinale per condurre operazioni marittime distribuite nelle immense distese oceaniche del Pacifico. Sebbene fosse stato annunciato che il programma fosse pronto per passare alla fase di maturazione del design nel dicembre del 2023, le limitazioni imposte dalla bozza del *Fiscal Year 2025* in materia di *budget* hanno costretto la *US Navy* a posticipare lo stanziamento di ulteriori fondi per circa un miliardo di dollari, in precedenza destinati allo sviluppo del caccia imbarcato di sesta generazione, per dare priorità al mantenimento in efficienza degli assetti già in servizio. Questa decisione ha implicato il rinvio all'esercizio fiscale successivo di qualsiasi

ulteriore progresso nel procedimento di procurement dell'F/A-XX, ponendo in dubbio futuro e tempistiche del programma.

La prospettiva anglo-italo-nipponica: GCAP

Il *Global Combat Air Program* deriva da un programma preesistente britannico per lo sviluppo di un caccia di sesta generazione denominato programma *Tempest*, avviato nel 2015 con l'obiettivo di sostituire i caccia da superiorità aerea EFA 2000 *Eurofighter Typhoon* entro il 2035. Secondo quanto delineato dalla *Combat Air Strategy* pubblicata dal Ministero della Difesa britannico nel 2018, il caccia *Tempest* sarebbe diventato l'asset principale di un sistema di sistemi composto da UCAV e droni di dimensioni e costo più contenuti capaci di agire in *swarm*. Il documento, inoltre, sottolineava l'opportunità di cercare altri partner internazionali al fine di avviare un programma di sviluppo comune per migliorare l'interoperabilità dei sistemi d'arma tra Nazioni alleate, contenere i costi e facilitare la crescita collettiva del comparto industriale della difesa europeo, come avvenuto in precedenza per lo sviluppo e l'acquisizione dell'*Eurofighter*. A fine 2020, i Governi di Italia, Svezia e Regno Unito hanno siglato un *Memorandum Of Understanding* per lo sviluppo congiunto del nuovo caccia, stabilendo una ripartizione paritaria dei costi della ricerca e dello sviluppo. L'anno successivo, il programma entrava nella *Concept and Assessment Phase*, con l'approvazione di uno stanziamento da parte del Governo britannico di circa 340 milioni di dollari a BAE Systems affinché sviluppasse il *design* del nuovo caccia. Nel 2022, il programma è stato oggetto di cambiamenti radicali per quanto riguarda le Nazioni partecipanti: i Governi di Italia, Regno Unito e Giappone (quest'ultimo già in trattativa con il Regno Unito per un accordo sullo sviluppo dei droni gregari ed in procinto di lanciare un programma autonomo per un aereo di nuova generazione denominato temporaneamente F-X) hanno siglato un accordo per il *Global Combat Air Program* (GCAP), finalizzato allo sviluppo ed alla produzione di un caccia di sesta generazione per approfondire la cooperazione nel campo della difesa, la collaborazione scientifica e tecnologica, le catene di fornitura integrate e rafforzare ulteriormente la comune base industriale della difesa. È previsto che l'aereo entri in servizio nel 2035, sostituendo i circa 90 caccia giapponesi *Mitsubishi F-2* e gli oltre 200 *Typhoon* in servizio nell'Aeronautica Militare Italiana e nella *Royal Air Force* britannica.

Ulteriori dettagli in merito alle due apposite organizzazioni transnazionali stabilite per dirigere il programma, una di natura intergovernativa e una per la cooperazione industriale, sono stati delineati in un accordo trilaterale firmato a Tokyo nel dicembre del 2023. Un primo *mock-up* del caccia è stato presentato dalle tre aziende *leader* del progetto (Leonardo, BAE Systems e Mitsubishi) al

Farnborough International Airshow del 2024, mentre il primo volo di un dimostratore è calendarizzato per il 2027. Per quanto attiene ai sottosistemi del velivolo, il sistema propulsivo verrà sviluppato congiuntamente da Avio Aero, Rolls Royce e IHI Corporation, mentre ELT Group e Mitsubishi Electric Corporation si occuperanno della progettazione dei sistemi elettronici di bordo. Infine, MBDA UK e MBDA Italia, sempre di concerto con Mitsubishi Electric Corporation, collaboreranno per sviluppare il sistema di combattimento del caccia e la componente effettori.

La prospettiva franco-tedesco-spagnola: FCAS

La necessità di sostituire i caccia Dassault *Rafale* dell'*Armée de l'Air et de l'Espace* francese e i *Typhoon* in servizio presso la *Luftwaffe* tedesca ha spinto anche la Francia e la Germania ad assumere numerose iniziative di cooperazione internazionale nel settore dell'industria della difesa, estendendole anche ad altri domini operativi per rinnovare alcuni tra gli assetti principali delle loro Forze Armate. Nel 2018, il Capo di Stato Maggiore dell'*Armée de l'Air* ed il Direttore del Reparto Pianificazione del Ministero della Difesa tedesco hanno infatti siglato un accordo contenente i requisiti capacitivi che l'aereo avrebbe dovuto possedere, ponendo in primo piano l'importanza delle capacità di combattimento aria-aria a lungo raggio e di attacco al suolo. Parimenti, la *stealthness*, l'interoperabilità con altre piattaforme NATO e con i sistemi C3 dell'Alleanza Atlantica, così come la capacità di decollo ed appontaggio su una portaerei convenzionale erano indicati come requisiti altrettanto importanti. Lo stesso anno, i due Governi hanno dato vita al programma FCAS, *Future Combat Air System* (SCAF – *Système de Combat Aérien du Futur* in francese), definendolo un'iniziativa indispensabile per la sicurezza dei rispettivi Paesi ed un considerevole progresso verso il raggiungimento di un'autonomia strategica europea. L'azienda francese Dassault Aviation e l'azienda di diritto europeo Airbus hanno parallelamente annunciato una collaborazione tecnica per lo sviluppo del progetto. A differenza di quanto avviene per il consorzio anglo-italo-nipponico del GCAP, però, le quote di partecipazione al programma non sono ripartite in misura uguale tra i due Paesi: la Francia (e quindi Dassault) ha infatti assunto il ruolo di Nazione *leader* del progetto, con il gruppo Airbus, prevalentemente a trazione tedesca, che ricopre invece un ruolo di partner di minoranza. Questa architettura societaria era concepita in complementarità con un'altra iniziativa franco-tedesca nell'ambito della difesa, ossia lo sviluppo congiunto di un nuovo carro armato (MBT – *Main Battle Tank*) noto come *Main Ground Combat System* (MGCS), iniziativa che sarebbe stata invece a guida tedesca. Perplessità reciproche attinenti ad una simile configurazione complessiva, nonché marginali criticità afferenti alla ripartizione delle proprietà intellettuali e della *design authority*, hanno determinato un ritardo nella partenza dei programmi, con un conseguente slittamento della data di prevista immissione in servizio operativo del caccia di sesta generazione franco-tedesco, posticipata dal 2035 al 2040.

A dispetto delle difficoltà iniziali, il programma ha ufficialmente avuto inizio nel 2019, quando i due Governi hanno accordato un primo stanziamento di 65 milioni di dollari a Dassault ed Airbus per iniziare uno studio di fattibilità preliminare. Nel medesimo anno anche la Spagna ha deciso di aggiungersi al programma, avendo la necessità di sostituire gli F/A-18A/B *Hornet* acquisiti oltre quattro decenni fa, gli *Eurofighter* e gli AAV-8B *Harrier* della *Armada Española*. Nel 2020 il programma è entrato nella fase 1A del processo di ricerca e sviluppo, con un primo finanziamento effettuato a beneficio di Airbus e Dassault di 155 milioni di dollari. Al contempo, si è proceduto a strutturare il programma in sette pilastri, al fine di individuare le singole aziende responsabili per la produzione dei sottosistemi del velivolo. Nello specifico, lo sviluppo del motore è stato affidato alla azienda francese Safran ed alla tedesca MTU Aero Engines, i CCA e gli altri effettori remotizzati del sistema di sistemi saranno invece progettati da MBDA France ed Airbus, che a sua volta coopererà con Thales per lo sviluppo del *combat cloud* della piattaforma. Quest'ultima, infine, svilupperà, congiuntamente all'azienda spagnola Indra, la sensoristica e l'elettronica di bordo. Nonostante non sia ancora chiaro quale azienda prenderà in carico la progettazione della componentistica *stealth* del velivolo (in particolar modo del materiale radar-assorbente), i Paesi partecipanti al programma puntano a condurre il primo volo di un dimostratore entro il 2029.

Gli altri progetti sulla sesta generazione

Sebbene i requisiti concettuali, progettuali e produttivi dei caccia di nuova generazione siano ad appannaggio principalmente dei Paesi occidentali per motivazioni di natura tecnologica, tecnica ed economica, anche altre Nazioni hanno avviato delle riflessioni circa l'opportunità di sviluppare simili sistemi d'arma. Questa decisione discende *in primis* dalla volontà di stimolare l'economia nazionale grazie a consistenti investimenti pubblici nel settore dell'industria pesante ad alto contenuto tecnologico, combinandosi con ambizioni di autonomia strategica nel contesto di documenti programmatici di sicurezza nazionale revisionati. È il caso della Turchia, la quale, in seguito all'esclusione dal programma JSF, ha dirottato ingenti finanziamenti verso l'industria della difesa nazionale, ponendosi l'obiettivo di transire ad una produzione interamente autonoma della componentistica dei sistemi d'arma in servizio presso le proprie Forze Armate. A febbraio del 2024, il primo dimostratore di un caccia di quinta generazione, che punta ad utilizzare esclusivamente componenti di provenienza turca, benché il motore sia ancora prodotto dall'americana General Dynamic, il TF *Kaan*, ha effettuato il primo test di volo, salutato dalle istituzioni nazionali come un passo fondamentale verso l'indipendenza della Turchia nel settore difesa. Al contempo, il Governo di Ankara ha dichiarato di aver iniziato ad esplorare la possibilità di avviare un programma per un caccia di sesta generazione, forse integrando l'AI su una versione aggiornata del *Kaan*. Segnatamente, la Turchia ha già conseguito successi significativi nella messa a punto e nella produzione nazionale di aeromobili a pilotaggio remoto, come il ben noto *Bayraktar TB2*, prodotto da Baykar, e la famiglia di UAV *Anka*, prodotti dall'azienda pubblica *Turkish Aerospace Industries* (TAI). Proprio questi ultimi comprendono assetti ISR e UCAV potenzialmente idonei ad essere integrati in un sistema di sistemi per un caccia di sesta generazione.

Un altro Paese che ha dimostrato un interesse concreto per lo sviluppo autoctono di un caccia di sesta generazione è il Pakistan. Dopo l'esperienza positiva del JF-17 *Thunder*, aereo di quarta generazione sviluppato congiuntamente ad aziende cinesi del settore aerospaziale, il Governo di Islamabad starebbe infatti contemplando lo sviluppo di un caccia di sesta generazione, forse intensificando la cooperazione con la Repubblica Popolare Cinese. Tra le ipotesi ventilate nel corso degli ultimi mesi, infatti, vi è anche quella di acquisire il J-31, caccia multiruolo di quinta generazione attualmente in fase di approntamento da parte

di *Shengyan Aircraft Corporation*. Non è escluso che questi aerei possano essere in un primo momento acquisiti e, successivamente, sottoposti a degli adeguamenti ingegneristici retroattivi (*retrofitting*) volti a permetterne l'integrazione con l'AI e, quindi, con dei droni gregari.

Conclusioni

La continua e sempre più rapida evoluzione della competizione strategica per la superiorità tecnologica ed operativa nel dominio aereo è alla base dell'emergere di nuovi requisiti tecnici ed operativi per le flotte del prossimo futuro. I diversi programmi intesi a sviluppare velivoli di sesta generazione appaiono in quest'ottica ricercare una soluzione ai dilemmi posti dall'attuale campo di battaglia nella terza dimensione, dalla possibilità di condurre missioni a più lungo raggio a quella di implementare un dispositivo aereo distribuito multiplatforma in grado di disarticolare le difese avversarie limitando l'impatto dell'attrito tipico del *warfighting* convenzionale ad alta intensità.

Proprio quest'ultima caratteristica, promossa da una revisionale dottrinale incentrata sulla sopravvivenza, sostenibilità e resilienza dello strumento militare aereo nel caso di ostilità tra *peer* o *near-peer competitors*, appare attualmente favorire, in combinazione con una crescente sinergia tra robotica ed AI, lo sviluppo e la sperimentazione della componente droni gregari piuttosto che del velivolo principale. Le campagne di test condotte ai fini di maturazione tecnologica e definizione dei concetti dottrinali di impiego dei CCA hanno inoltre spesso teso a valorizzare le avanzate capacità net-centriche già assicurate dal JSF di Lockheed Martin, diffusamente impiegato da USAF, US Navy e US Marine Corps (USMC) in queste attività. La maggiore trazione dei programmi relativi ai droni gregari, soprattutto nel contesto statunitense, promossa da significativi risultati in termini di autonomia delle piattaforme ed integrabilità delle stesse con sensori ed effettori diversificati, combinata con le sempre più elevate proiezioni dei costi per il singolo velivolo di sesta generazione appaiono attualmente delineare una prospettiva piuttosto incerta sulla futura configurazione del sistema di sistemi e segnalano alcune questioni centrali per la relativa definizione delle stesse.

In primis, nonostante le caratteristiche ideali del singolo caccia da superiorità aerea della prossima generazione risultino complessivamente piuttosto chiare e sintetizzabili in più lontano, più veloce, più in alto e con un maggior carico, la loro commutazione in requisiti tecnici specifici tende a tracciare un velivolo dai costi di acquisizione, gestione e manutenzione difficilmente sostenibili. Le dimensioni, la complessità ingegneristica e l'implicita soverchiante logistica di aderenza per un simile assetto individuano inoltre alcuni profili di incompatibilità rispetto ad un riemergere del *warfighting* convenzionale ad alta

intensità in cui la supremazia tecnologica, potenzialmente può non convertirsi rapidamente in successo militare, generando uno scontro non necessariamente statico, ma eventualmente anche manovriero e dinamico, caratterizzato però da un significativo attrito umano e materiale, nonché dalla necessità di rigenerare rapidamente ed a costi contenuti capacità di combattimento. Parallelamente, l'assenza di santuari in moderni scenari operativi, contraddistinti da capacità di ISR pervasiva e da effettori in grado di colpire a grande distanza anche nella profondità del dispositivo alleato risulta indurre perplessità sull'inerente esigenza di grandi basi aeree fisse in grado di assicurare manutenzione e logistica ad un caccia pesante e di grandi dimensioni come quello profilato nella sesta generazione. In aggiunta, le flotte aeree di *peer* e *near-peer competitors*, benché dotate di velivoli performanti, anche di quinta generazione, e con numerici rilevanti, non rappresentano una sfida trasformativa, ma appaiono contrastabili anche con circostanziati miglioramenti nei segmenti dei vettori aria-aria a lungo raggio, della guerra elettronica e del MUM-T. Queste osservazioni sono alla base dell'accurata calibrazione delle caratteristiche e capacità che segneranno il prossimo caccia da superiorità aerea, che comunque dovrà succedere alle attuali flotte di quarta generazione e mezza e quinta, e motivano le non marginali dilatazioni dei tempi di concettualizzazione e progettazione, nonché la variabilità dei *designs*.

I programmi di sesta generazione, oltre a favorire una rilevante maturazione tecnico-ingegneristica, hanno soprattutto permesso finora la definizione di alcuni requisiti trasformativi esterni al singolo caccia da superiorità aerea ed hanno promosso un sensibile aggiornamento dei potenziali profili di impiego del JSF. L'integrazione dei CCA nel concetto di ACE e nella condotta di operazioni aeree distribuite in un contesto ostile non permissivo ha infatti rivoluzionato i profili di impiego dello strumento militare aereo, prioritizzando una massa scalabile di droni gregari con *payload* diversificato, finalizzati a manovrare entro la zona di ingaggio avversaria per dispiegare effetti cinetici e non, coordinati da un velivolo fuori dalla bolla A2/AD nemica. La crescente complessità di coordinare uno *swarm* di UAV edUCAV in un ambiente multi-dominio dinamico, mantenendo un controllo quantomeno *human-on-the-loop*, impone inoltre una possibile revisione dei requisiti per il velivolo destinato a tale funzione. Nonostante il concetto di *optionally manned* miri, infatti, a sgravare il pilota dal compito di manovrare direttamente l'assetto, potendosi concentrare sull'evoluzione della situazione tattica in aria ed a terra, non è escludibile che velivoli biposto possano fornire una combinazione maggiormente funzionale, e potenzialmente pronta all'uso nel caso della USAF con l'*F-15EX Eagle II*. La

sperimentazione dei CCA anche nel combattimento aria-aria, con la prospettiva che proprio i primi droni gregari possano fungere da vettori per il trasporto di missili come l'AIM-120 *Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile* (AMRAAM), con il compito di chiudere le distanze sui velivoli avversari più avanzati e saturarne le difese, enfatizza ulteriormente come i droni gregari possano ridefinire le esigenze operative nel futuro del dominio aereo.

Il rapido sviluppo dei CCA, combinato con la maturazione tecnologica post-produzione del JSF appare inoltre segnalare come le prime manifestazioni dell'essenza della sesta generazione, ossia l'integrazione di sistemi autonomi esterni operanti in modo sinergico con il velivolo *manned*, potrebbero concretarsi proprio con l'F-35. La stessa revisione in atto da parte della USAF sul programma NGAD ed i primi *concepts* di una versione a pacchetto capacitivo limitato dello stesso appaiono infatti protendere verso uno sviluppo progressivo, che potrebbe coinvolgere la realizzazione di una generazione intermedia (generazione 5.5 o "quinta e mezza") fondata su un'ottimizzazione selezionata di alcune delle caratteristiche del velivolo di Lockheed Martin in funzione del combattimento collaborativo a lungo raggio.

Indipendentemente dalla divergenza di traiettorie, l'obsolescenza delle flotte aeree occidentali, l'immanenza della competizione strategica e la trasformazione del campo di battaglia aereo, impongono la necessità di aggiornare lo strumento militare aereo revisionandone dottrine, capacità e profili di impiego. Il sistema di sistemi di sesta generazione, qualsiasi sarà in divenire la sua articolazione pratica, rappresenterà in quest'ottica l'inevitabile epicentro del futuro del dominio aereo.

AUTORI

Emmanuele Panero – Responsabile del desk Difesa e Sicurezza. Dottore Magistrale in Scienze Strategiche con Lode e Menzione presso la SUISS-Scuola Universitaria Interdipartimentale in Scienze Strategiche dell'Università degli Studi di Torino, ha completato l'intero quinquennio, inclusa la Laurea Triennale in Scienze Strategiche e della Sicurezza, presso la Scuola di Applicazione dell'Esercito di Torino. Successivamente ha conseguito con Lode il Master Universitario di II Livello in Studi Internazionali Strategico-Militari, frequentando il 25° Corso Superiore di Stato Maggiore Interforze, presso il Centro Alti Studi per la Difesa (CASD) di Roma. Parallelamente agli studi accademici ha sostenuto numerosi corsi a livello nazionale ed europeo, tra cui alcuni Common Modules dello European Security and Defence College ed un Professional Certificate in Security Management presso l'ISPI School.

Andrea Russo – Junior Fellow del desk Difesa e Sicurezza, si è laureato Dottore Magistrale in International Relations con Lode presso l'Università di Bologna. Successivamente ha conseguito con Lode il Master Universitario di II Livello in Studi Internazionali Strategico-Militari, frequentando il 26° Corso Superiore di Stato Maggiore Interforze, presso il Centro Alti Studi per la Difesa (CASD) di Roma.

CeSI | CENTRO STUDI INTERNAZIONALI

CeSI - Centro Studi Internazionali è un think tank indipendente fondato nel 2004 da Andrea Margelletti, che, da allora, ne è il Presidente.

L'attività dell'Istituto si è da sempre focalizzata sull'analisi delle relazioni internazionali e delle dinamiche di sicurezza e difesa, con un'attenzione particolare alle aree di crisi e alle dinamiche di radicalizzazione, estremismo, geoeconomia e conflict prevention.

Il fiore all'occhiello del CeSI è sicuramente la sua metodologia analitica che si fonda su una conoscenza approfondita dei contesti di riferimento, su una ricerca informativa quotidiana e trasversale e su una frequentazione periodica nelle aree di interesse, che permette agli analisti dell'Istituto di svolgere un lavoro tempestivo e dinamico.

L'obiettivo è quello di fornire strumenti efficaci a supporto del processo decisionale pubblico e privato.

CONTATTI

Via Nomentana, 251
00161 Roma, Italia
+39 06 8535 6396
info@cesi-italia.org

Sito

www.cesi-italia.org

Social

Fb: Ce.S.I. Centro Studi Internazionali

X: @CentroStudiInt

LinkedIn: Ce.S.I. Centro Studi Internazionali

IG: cesi_italia

Telegram: Ce.S.I. Centro Studi Internazionali