

PR SPECTA

**ESERCITO ITALIANO: MOTORE
TECNOLOGICO E DI INNOVAZIONE**



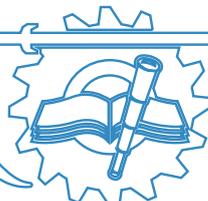
ESERCITO

Indice

EXECUTIVE SUMMARY	4
1. PRAFAZIONE	6
1.1. Dimensione Militare (Capo di SME)	6
1.2. Dimensione Industriale	8
1.3. Dimensione Strategica della Ricerca	10
1.4. Innovazione, ma non solo. Quali strategie per promuovere una proficua cooperazione tra Esercito, Industria e Ricerca?	11
2. FUTURE TRENDS E SVILUPPI CAPACITIVI PER LA FORZA TERRESTRE	12
2.1. Il Future Operating Environment post 2035: sfide e game changer	12
2.2. Il Concetto Operativo dell'Esercito	15
2.3. Futuri Trend di sviluppo capacitivo per la Forza Terrestre (a cura LEONARDO)	19
3. LA RICERCA TECNOLOGICA E L'INNOVAZIONE	33
3.1. Il potenziale tecnologico dell'industria italiana al servizio del Paese (a cura di Nicoletta Amodio , Livio Romano)	33
3.2. L'esperienza di incubatori tecnologici e politiche di sviluppo nazionali: verso nuovi modelli di collaborazione Civile-Militare in Ricerca, Sviluppo e Innovazione (a cura G. Sechi , PhD)	36
3.3. Le iniziative di LEONARDO per l'innovazione tecnologica (a cura LEONARDO)	44
4. LE TECNOLOGIE ABILITANTI ALL'ORIZZONTE 2035 AI FINI DI FUTURI SVILUPPI CAPACITIVI	47
4.1. Sistemi collettivi per sintetizzare cyber-fisici come sciami e robot e cognitive radio networks: Consiglio Nazionale delle Ricerche (a cura Prof. Vito Trianni, l'Istituto di Scienza e Tecnologie della Cognizione del CNR)	47
4.2. La Robotica e l'Intelligenza Artificiale	50
4.3. Sistemi di demilitarizzazione e decontaminazione del futuro (a cura Prof. Renato BONORA)	61
4.4. L'evoluzione dei livelli di autonomia nei sistemi intelligenti – limiti e potenzialità	64
4.5. Sensoristica avanzata e Intelligenza Artificiale a supporto della medicina preventiva: applicazioni per la Difesa (a cura G. Sechi , A. Bonfiglio , G.L. Foresti)	69
4.6. Le potenzialità del 5G: coperture e QOS per applicazioni della difesa (a cura del Dott. Fabio ROTICIANI – TIM)	76
4.7. L'autonomia dei sistemi nel mondo della Difesa (a cura LEONARDO)	82
4.8. Le piattaforme a decollo verticale, anche a propulsione elettrica, per missioni tattiche anche in aree urbanizzate (a cura LEONARDO)	84
4.9. Situation awareness dallo spazio (a cura LEONARDO)	91
5. LA RICERCA TECNOLOGICA A SUPPORTO DEI PROGETTI EU (a cura LEONARDO)	92
6. SOLUZIONI PROTOTIPICHE DEL PANORAMA NAZIONALE ED INTERNAZIONALE NEL CAMPO DELLA DIFESA	96
6.1. Leonardo: soluzioni di Breve/Medio/Lungo termine	96
6.2. Rheinmetall Italia	113
6.3. SIRA EMS Tactical Mobile NanoGrid	116
6.4. Istituto Italiano di Tecnologia (a cura Guglielmo LANZANI)	118
7. CONCLUSIONI	120
BIBLIOGRAFIA	123



PROSPECTA

The word "PROSPECTA" is rendered in a blue, outlined, serif font. The letter 'O' is replaced by a graphic element consisting of a gear with a crown on top, an open book in the center, and a pen nib resting on the book.

EXECUTIVE SUMMARY

ESERCITO, INDUSTRIA E RICERCA - Esercito: motore tecnologico e di innovazione

Attori principali, necessità ed esigenze comuni, visioni innovative e futuro contesto operativo si incontrano e si fondono in questo importante documento che traccia in maniera decisa il percorso, necessariamente condiviso, verso un progresso di sperimentazione tecnologica in un futuro tanto incerto quanto imminente.

Con un approccio organico e strutturato, sono raccolti i contributi nel campo della ricerca e dell'innovazione di Esercito, Industria, Atenei, Centri di Ricerca e altre Istituzioni, offrendoci una prospettiva privilegiata sia sullo stato dell'arte delle più avanzate tecnologie sia su come queste tecnologie potranno essere asservite alle esigenze della Difesa in un contesto di possibile impiego definito come incerto, magmatico e conflittuale.

Il presente *White Paper*, che nasce dal successo della discussione instaurata nella conferenza **“Esercito, Motore Tecnologico e di Innovazione”** del dicembre 2019, si prefigge lo scopo di delineare un **sistema strutturato di investigazione congiunta** che porti a una collaborazione costante e aperta, in modo che l'industria riesca a valorizzare idee e progetti di ricerca che, una volta messi al servizio dell'Esercito, possano contribuire in modo significativo



FIG. 1 - ESERCITO MOTORE TECNOLOGICO E DI INNOVAZIONE

alla sicurezza ed all'efficacia dello strumento militare: con questa interazione l'Esercito avrà l'opportunità di articolare in forma ancora più aderente i propri requisiti e garantire a Ricerca e Industria profondità di visione sulla pianificazione a medio e lungo termine della Forza Armata.

A tale fine, partendo da prospettive proprie del mondo dell'Industria, della Ricerca e di quello Militare, il documento delinea sin da subito le caratteristiche dell'ambiente operativo futuro evidenziando quelli che saranno i *future trend* e gli sviluppi capacitivi per la forza terrestre con particolare focus sui *game changer* che caratterizzeranno il pre e post 2035 e quali i compiti che lo strumento terrestre dovrà assolvere. Ne deriva un'analisi del potenziale tecnologico proprio dell'industria nazionale che evidenzia il ruolo fondamentale ricoperto dagli incubatori di tecnologie nell'ambito del trasferimento tecnologico e a supporto di nuovi modelli di collaborazione civile-militare nei campi della Ricerca, Sviluppo e Innovazione.

Successivamente, attraverso l'esperienza e il *Know-how* maturato dalle eccellenze nazionali dell'industria e della ricerca nel settore dello sviluppo tecnologico, vengono definite e analizzate le tecnologie considerate 'abilitanti' per futuri sviluppi capacitivi con focus particolare su sciame, sistemi robotici e autonomi (RAS) e l'intelligenza artificiale. Per ultimo, il *paper* volge lo sguardo a soluzioni prototipiche ad alto contenuto tecnologico presenti nel panorama nazionale ed internazionale.

In conclusione, questa iniziativa ambisce a fornire un vero e proprio *business plan* con il quale l'azienda 'Sistema Paese', attraverso l'azione sinergica di alcune componenti principali (Esercito, Industria e Ricerca) mette in campo tutte le risorse a propria disposizione allo scopo di individuare e percorrere la strada più rapida ed efficace verso l'innovazione e il progresso.

1. PREFAZIONE

1.1. DIMENSIONE MILITARE (Capo di SME)

Oggi e negli anni a venire, la sfida più grande, per la nostra Forza Armata e tutto il comparto della Difesa, sarà quella di **evolversi per fronteggiare le sfide future** derivanti da scenari internazionali sempre più caratterizzati da un accresciuto livello di **instabilità e conflittualità**.

L'Italia non potrà fare a meno di una **componente terrestre moderna, credibile e ben equipaggiata**, perfettamente **integrata** nello Strumento militare interforze e, soprattutto, in grado di operare in maniera efficace a fianco degli eserciti dei maggiori *partner* europei e non. Questo ci permetterà di contribuire, in maniera sempre più efficace, al rafforzamento del ruolo internazionale del nostro Paese.

Allo stesso tempo, sul piano nazionale, la Forza Armata dovrà mantenere il suo ruolo di **risorsa fondamentale a sostegno del "Sistema Paese"**, altamente specialistica e impiegabile su tutto il territorio nazionale a supporto della popolazione.

Per conseguire tali obiettivi non si può ovviamente prescindere dal **contesto operativo di riferimento**, contraddistinto da estrema complessità e da una continua evoluzione dei fattori caratterizzanti, che lo rendono **sempre più incerto e mutevole**: si pensi, per citarne solo alcuni, al mutare degli equilibri politici globali, all'affermarsi sulla scena internazionale di nuovi attori (statuali e non statuali), alla corsa per lo sfruttamento di risorse naturali, all'accesso alle nuove e avanzate tecnologie disponibili sul mercato.

Per meglio definirne le **implicazioni dell'Ambiente Operativo post 2035 per lo strumento militare terrestre**, lo Stato Maggiore dell'Esercito ha elaborato un documento concettuale ("*Future Operating Environment post 2035*"), valutando i *megatrend* geopolitici di riferimento

e le sfide poste dall'introduzione di nuove tecnologie, sempre più di uso comune anche in ambito civile.

Da esso si evince come sia necessario puntare verso uno **strumento terrestre al passo con i tempi**, verso unità dell'Esercito **tecnologicamente avanzate**, in grado di assicurare *performance* capacitive qualitativamente elevate e di mantenere la propria rilevanza in tutto lo spettro dei conflitti e nell'ambito dei contesti *joint, combined e interagency*.

Se, in ambito tecnologico, il mondo militare è sempre stato protagonista all'avanguardia (si pensi a *internet* e al GPS, vere e proprie rivoluzioni frutto di esigenze militari), oggi la ricerca e l'innovazione sono anche appannaggio del settore commerciale. Pertanto, la collaborazione con il mondo accademico e dell'industria (compreso i programmi di ricerca tecnologica e scientifica), svolge un ruolo fondamentale per **consentire** alla Forza Armata **di meglio calibrare le future capacità** della Difesa, **valorizzando** allo stesso tempo **le eccellenze nazionali in specifici settori** (ad esempio quelli dell'Intelligenza Artificiale, dell'elaborazione dei *big data*, dei nanomateriali, delle tecnologie autonome a supporto della mobilità e dei *robot*).

Si è quindi ritenuto opportuno elaborare il presente *white paper*, in collaborazione con il mondo dell'industria e della ricerca, al fine di **definire un sistema strutturato di indagine congiunta**. Esso, attraverso una solida e costante collaborazione, permetterà all'industria di valorizzare le proprie idee e progetti di ricerca in modo tale che essi, una volta al servizio dell'Esercito, possano contribuire significativamente alla sicurezza e all'efficacia dello strumento militare, della Difesa e del Sistema Paese.

Ora più che mai, dobbiamo quindi puntare a **creare team di lavoro agili e integrati** con ricercatori ed ingegneri a supporto di modelli prototipali ad alto contenuto tecnologico.

Ciò favorirebbe il progresso sia del mondo della ricerca sia di quello dell'industria, i cui sforzi e risultati potrebbero essere ben coordinati e sincronizzati attraverso la sapiente azione dell'Area Tecnico Amministrativa della Difesa.

Sono fortemente convinto che questa tipologia di approccio agile e integrato, rappresenti la direzione giusta per intraprendere un **nuovo percorso di crescita** che possa coinvolgere in maniera corale ed efficace tutti gli attori coinvolti. I risultati così ottenuti, andranno a vantaggio non solo dell'Esercito e del comparto Difesa tutto, ma anche e soprattutto del Sistema Paese, sia nell'ambito militare sia in quello civile.

Lo scenario post 2035 è ormai alle porte e, per tale ragione, è indispensabile che Esercito, industria e ricerca agiscano rapidamente e in maniera sinergica, abbattendo il muro oggi esistente tra i nostri attuali sistemi e le tecnologie spesso già disponibili (o con un grado di sviluppo avanzato), spianando così la strada verso un processo di innovazione delle forze veloce e snello che riesca a tenere il passo, ormai sempre più frenetico, dello sviluppo tecnologico, mitigando la volatilità dei requisiti operativi.

Dobbiamo fare di più, insieme!

**Capo di Stato Maggiore dell'Esercito
Generale di Corpo d'Armata
Salvatore FARINA**

1.2. Dimensione Industriale

L'industria della Difesa Italiana, nel suo complesso di grandi piccole e medie imprese, è rimasta uno degli **ultimi asset manifatturieri del Paese**. Dopo il passaggio di FCA in un'orbita più francese, che rischia di avere anche delle ripercussioni industriali, l'ultima grande industria manifatturiera che rimane in Italia, che può investire in Ricerca e Sviluppo in Italia e creare manodopera (manodopera che nello specifico settore include circa 35000 ingegneri), è il comparto della Difesa. Pertanto **un piano di investigazione congiunto che miri a catalizzare gli sforzi di tutti gli attori su menzionati, oltre a essere importante per le Forze Armate, è assolutamente fondamentale anche per l'industria della Difesa**. Cercare di interpretare le nuove minacce che l'ambiente operativo futuro pone alla Forza Armata e trasformarle in prodotti industriali è una sfida **che dobbiamo vincere**, pena la scomparsa dell'industria della Difesa.

Una volta i domini erano tre: la terra, l'aria e il mare. La situazione oggi è ben diversa tanto che siamo costretti a occuparci anche dell'ambiente sottomarino, dello spazio, dell'aria e dell'imponderabile. Si pensi, per fare un esempio, che le comunicazioni e l'energia passano sotto il mare, o che la maggiore quantità di informazioni passa attraverso lo spazio: le sfide sono fortissime e noi come piccola nazione non abbiamo l'opportunità di occuparci di tutte le sfide industriali e tecnologiche che abbiamo davanti.

Per proseguire in questo arduo percorso occorre fare una scelta, una scelta di qualità, una scelta di investimenti in tecnologia che non può essere fatta soltanto dalle aziende: il livello di investimenti che richiede il tipo di tecnologia di cui abbiamo bisogno non è sopportabile da aziende che hanno dimensioni come quelle che abbiamo in Italia. Le aziende italiane hanno assolutamente bisogno dell'aiuto dello Stato

per affrontare le sfide che hanno davanti.

Il fatturato delle nostre aziende è molto basso rispetto al fatturato delle aziende che determineranno il futuro e che, inoltre, usufruiscono dell'intervento dello Stato. Per rendere l'idea, i nostri produttori di formaggio si troveranno in difficoltà negli Stati Uniti perché gli stessi hanno deciso di mettere dei dazi per il fatto che Francia e Germania hanno dato 22 miliardi di aiuti ad Airbus, che nel frattempo è diventata la prima azienda nel settore: si diventa la prima azienda in settori tecnologici quando c'è l'aiuto da parte dello Stato.

Dunque la ricerca è uno dei settori in cui difficilmente noi potremo avere un futuro se non c'è una determinazione da parte dello Stato. Il Ministero della Difesa ora è quello più avanti in questa consapevolezza, consapevole che né le forze armate né il sistema industriale può farcela se non c'è un impegno di questo tipo.

La NATO e le Forze Armate italiane si addestrano ad affrontare uno scenario futuro, per certi versi inquietante. L'esercito si addestra attraverso la simulazione (si pensi a quelle svolte su una megalopoli ricreata sulla città di NAPOLI) a sostenere sfide che presto, in un futuro non tanto lontano si troverà a dover affrontare: è chiaro, questo non è l'unico scenario che ci potremmo trovare davanti: **la guerra non si combatte più per i territori**, si combatte per conquistare e dominare su altre cose.

Oramai le infrastrutture da difendere non sono più solo i porti o i ponti, ma di fondamentale importanza sono l'energia, l'acqua e ancor più importante "i dati".

Il caos generato dalla distruzione/negazione di un ponte è enorme, ma probabilmente poco rilevante se paragonato al caos dovuto alla perdita di dati da parte dell'INPS: pensiamo alla guerra civile che si scatenerrebbe se qualcuno non ricevesse la propria pensione per due mesi di seguito. È

chiaro quanto sia strategico questo nuovo fronte, un fronte che richiede sicuramente una qualche tecnologia proprietaria: ci sono alcuni aspetti della difesa di dati e di specifiche infrastrutture, ad esempio, che per il loro valore nazionale non possono poggiare solo su tecnologia esterna.

Dunque, la sfida che l'Esercito si presta a lanciare non può che essere colta positivamente dal sistema industriale, che è pronto a offrire il suo impegno: **il sistema industriale italiano investe il 12-13% in media in ricerca e sviluppo.**

È importante sottolineare che il Piano Nazionale della Ricerca Militare, ciò che oggi consente anche alle piccole e medie aziende di poter fare qualcosa, conta un impegno di soli 50 milioni, sicuramente inferiore a quello dei francesi che è calcolato essere 20 volte tanto: diventa così arduo vincere la sfida contro qualcuno che ad oggi può contare su un budget superiore e che rappresenta il concorrente principale in Europa.

La consapevolezza di tale situazione è alta e finalmente si incomincia a parlare di soluzioni: è interessante osservare che la necessità di affrontare tali temi venga non dalla parte politica ma dalla parte operativa, l'Esercito, che è quella considerata normalmente meno innovativa e che invece oggi lancia una **sfida di innovazione guardando al 2035.**

Fino ad oggi alcuni temi non sono stati affrontati all'interno della Difesa, ma al centro di tutto vi è la protezione dei nostri uomini, allora parliamo di **intelligenza artificiale, di computer, di nanotecnologie, di capacità abilitanti di cui non avevamo mai parlato fino adesso.** Parlando a nome di grandi, medie e piccole imprese, che in maniera diversa attraverso la partecipazione alla produzione di questo white paper fanno sentire la loro presenza e la voglia di contribuire a costruire un futuro del nostro Paese, possiamo a voce alta affermare che

“l'industria c'è ed è pronta”. Anche negli anni difficili, la quantità di capitale privato non è mai mancata: ora più che mai occorre adesso comprendere che **la sfida industriale nel campo della Difesa è una sfida del e per il Paese.**

Non ci sediamo più al tavolo con le altre nazioni a portare e presentare qualcosa di completamente nostro. Non abbiamo petrolio, non abbiamo uranio, non abbiamo risorse e stiamo perdendo gran parte dell'industria. Uno dei pochi settori con cui noi possiamo competere con il 90% delle nazioni del mondo e capace di riscontrare interesse dall'altra parte, è quello del campo della Difesa. Per tali ragioni, volenti o dolenti, **nel campo della Difesa siamo ancora, e lo potremo essere anche nel futuro, una delle maggiori nazioni al mondo.** È questo settore che ci consente di sederci in consessi internazionali dal Qatar al Kuwait, dal Pakistan all'India, e se ne avessimo la possibilità anche di fronte alla Cina stessa, è il settore della Difesa.

In conclusione, l'industria della Difesa non ha solo un valore interno, ma ha un valore anche nelle relazioni internazionali, permettendo a questo Stato di sedere in consessi dai quali altrimenti sarebbe escluso.

Dobbiamo unirici, condividere le nostre esperienze e capacità e contribuire insieme al futuro che meritiamo.

**Presidente AIAD
Guido CROSETTO**

1.3. Dimensione Strategica della Ricerca

Future trend

Gli scenari nei quali l'Esercito si è trovato a operare nell'ultimo decennio rappresentano un'istantanea importante non solo di quelle che sono le necessità operative, ma anche di come esse cambino rapidamente. **Il ruolo che lo sviluppo e l'innovazione tecnologica ricoprono nelle crisi contemporanee non può essere sottovalutato**, soprattutto tenendo in considerazione il fatto che l'Esercito deve **mantenere un vantaggio operativo rispetto a potenziali avversari, conservando in parallelo gradi di flessibilità e autonomia che permettano di supportare gli interessi nazionali**.

Se fino a qualche anno fa è stata la componente asimmetrica del conflitto a dettare le regole del gioco, con gruppi armati non statali a guida di insurrezioni portate avanti con tecnologie (perlopiù) a basso costo, il rafforzamento di potenziali avversari statuali near-peer, cioè dotati di capacità militari paragonabili a quelle delle principali forze NATO, la conseguente diffusione nell'utilizzo di modalità ibride di conflitto, amplificata dal processo di globalizzazione, rendono lo sviluppo tecnologico degli strumenti a disposizione dell'Esercito una necessità critica.

Le complessità del contesto operativo contemporaneo sono molteplici: la presenza di una miriade di attori nei teatri operativi nei quali l'Esercito verrà impiegato nel futuro è un primo, importante livello di complessità. L'esperienza maturata dall'Esercito ha dato vita a importanti lezioni che vanno dal livello tattico a quello dottrinale, scaturite dalla necessità di operare tra la popolazione civile, nel contesto di una coalizione multinazionale, nel rispetto sia delle autorità locali e nazionali sia del mandato nazionale e internazionale.

Le più recenti crisi internazionali hanno sottolineato come il **contesto urbano**

rimane saldamente al centro delle dinamiche di conflitto – e con esso, le sfide e le difficoltà derivanti dall'operare in tale contesto. Miniaturizzazione e precisione diventano di fondamentale importanza e lo sviluppo di piattaforme efficaci rispetto a entrambi questi parametri dipende primariamente dall'abilità di ricerca ed industria di raccogliere la sfida e produrre **soluzioni innovative e tecnologicamente all'altezza del requisito**.

Laddove la protezione dei civili e del personale militare dispiegato rimane priorità assoluta, l'evoluzione nei metodi utilizzati dagli avversari e delle tecnologie a loro disposizione spingono alla ricerca di strumenti e soluzioni che minimizzino i rischi per entrambi. La proliferazione di piattaforme remote utilizzate per attività cinetiche (e non) risponde a queste esigenze; ma dato che non si può parlare di miniaturizzazione e precisione in termini assoluti, questo **processo va visto nell'ottica di un miglioramento continuo e costante**.

Prof. Francesco MILAN

1.4. Innovazione, ma non solo. Quali strategie per promuovere una proficua cooperazione tra Esercito, Industria e Ricerca?

I progressi della tecnologia contemporanea sembrano procedere a velocità mai sperimentate nella storia. Non a caso, tanto in ambito civile quanto in ambito militare, si è ormai soliti considerare la tecnologia moderna come discontinua anziché incrementale (Bower e Christensen 1995). Sebbene questa classificazione sia più adatta a semplificare il problema che non a descriverlo – la linea di separazione tra i due tipi risulta infatti di difficile definizione – essa mette in luce l’aspetto centrale sia per la concorrenza economica tra le imprese, sia per la competizione militare tra gli Stati: **riuscire a sfruttare le innovazioni a proprio vantaggio ed evitare il rischio di essere superati dai concorrenti.**

Per le Forze Armate l’impegno richiesto è duplice: da una parte, la **centralità della tecnologia a fini militari** – forse uno dei pochi temi su cui accademia e circoli della difesa concordano da ormai trent’anni (Locatelli 2010) – impone di **sviluppare e acquisire le capacità più tecnologicamente avanzate**; dall’altra, per sfruttare appieno il potenziale di queste capacità, occorre adeguare di conseguenza gli altri due elementi fondanti della Difesa – **la componente umana e quella dottrina**. Entrambi gli sforzi comportano evidentemente diversi ostacoli e rischi: solo per grattare la superficie del problema, il processo di procurement si sviluppa lungo un ciclo che richiede anni, per cui – soprattutto con risorse scarse – la scelta di quali asset acquisire impone un complesso sforzo di previsione rispetto ai trend tecnologici del futuro. A questo vanno aggiunti i fattori umano e dottrinario, che si sostanziano in estrema sintesi nel problema dell’**apprendimento organizzativo** (Dyson 2019).

Il processo di innovazione all’interno delle Forze Armate deve quindi riuscire

a conciliare due esigenze opposte: il cambiamento (come detto, sempre più innovativo e dirimpente) e la gestione dei rischi e costi ad esso associato. A tal fine, si possono prevedere **tre diverse strategie** (Locatelli 2019: 72-77): la prima, che possiamo definire **di innovazione**, è sicuramente la più ambiziosa e punta a massimizzare l’impatto della tecnologia per modificare sostanzialmente le modalità operative dello strumento militare e incrementarne l’efficacia sul campo. La seconda strategia, **di emulazione**, punta anch’essa ad incrementare l’efficacia dello strumento militare in modo discontinuo, ma a differenza dell’innovazione parte dall’osservazione dell’esperienza di altri paesi. La terza strategia, **di adattamento**, si differenzia dalle precedenti per due tratti distintivi: ha un approccio incrementale e parte dall’esperienza sul campo. Per questo, non si concentra tanto sulla dimensione tecnologica, quanto sul cambiamento dottrinale.

In conclusione, tutte e tre le strategie presentano pregi e difetti. In queste pagine non si vogliono fornire prescrizioni in un senso o nell’altro, quanto un ammonimento nel momento in cui il decisore politico dovrà pianificare la politica di difesa nazionale: qualsiasi sarà l’approccio scelto, occorrerà essere coerenti e pianificare nel lungo periodo. Una politica incostante o di breve respiro porterebbe a vanificare uno sforzo enorme e di potenziale impatto per l’intero sistema paese.

Prof. Andrea LOCATELLI

2. FUTURE TRENDS E SVILUPPI CAPACITIVI PER LA FORZA TERRESTRE

2.1. Il Future Operating Environment post 2035: sfide e game changer

La divergenza esistente tra la velocità con cui la minaccia cambia forma e identità e il lento adattamento con il quale l'Esercito ammoderna la propria fisionomia capacitiva, sintetizza chiaramente la difficoltà in cui nasce e si articola il processo di trasformazione dello strumento militare terrestre. La necessità di innovarsi per essere aderenti alle esigenze imposte sia dal continuo mutamento degli scenari sia dalla rapida evoluzione della tecnologia, infatti, impone alla Forza Armata (F.A.) un continuo aggiornamento del suo stato di salute che spesso è difficile sostenere in maniera aderente.

La F.A. pertanto deve tendere a mettere a frutto processi organizzativi in grado di anticipare quanto più possibile le esigenze del domani e offrire soluzioni efficaci, in grado di sensibilizzare il livello strategico politico-militare circa la necessità e l'urgenza di implementare un adeguato processo di trasformazione.

In tale quadro l'Esercito, nel corso del 2019, ha finalizzato lo studio "Future Operating Environment post 2035" il cui scopo è quello di guidare il processo di trasformazione di lungo periodo dello strumento militare terrestre costituendone il principale riferimento concettuale per:

- orientare studi di carattere adattivo della F.A. per il tramite della produzione di eventuali concetti funzionali che ne dimensionino la

fisionomia futura;

- redigere possibili esigenze in grado di immaginare e supportare le funzioni operative che la F.A. si troverà a svolgere nel prossimo futuro (post 2035).

Il *Future Operating Environment post 2035* si inserisce all'interno dei lavori di sviluppo concettuale della F.A. definendo/individuando i principali attori e la natura dell'ambiente futuro dove lo strumento militare terrestre si troverà a operare. Pertanto, l'obiettivo è quello di delineare le principali problematiche (implicazioni) con le quali l'Esercito si dovrà confrontare, al fine di sostanziare possibili "tesi" che possano guidare tempestivamente il processo di sviluppo capacitivo delle proprie componenti anche a supporto della Difesa.

Il documento introduce un'ampia gamma di tesi con le quali i Comandanti del domani dovranno necessariamente confrontarsi al fine di destreggiarsi al meglio in quelle che verranno definite come "Le nuove sfide per il Comandante della Forza Terrestre".

Il *Future Operating Environment post 2035* utilizza i trend futuri ipotizzati dalla NATO e, con una previsione fondata sugli scenari attuali, delinea quelli che dovranno essere le sfide in cui lo strumento militare terrestre dovrà mantenere un sostanziale vantaggio.

Le sfide e il vantaggio strategico

In considerazione dell'obiettivo, risulta imprescindibile definire gli ambiti nei quali il Comandante della Forza Terrestre dovrà prioritariamente rimanere competitivo. Tali ambiti rappresentano delle vere e proprie

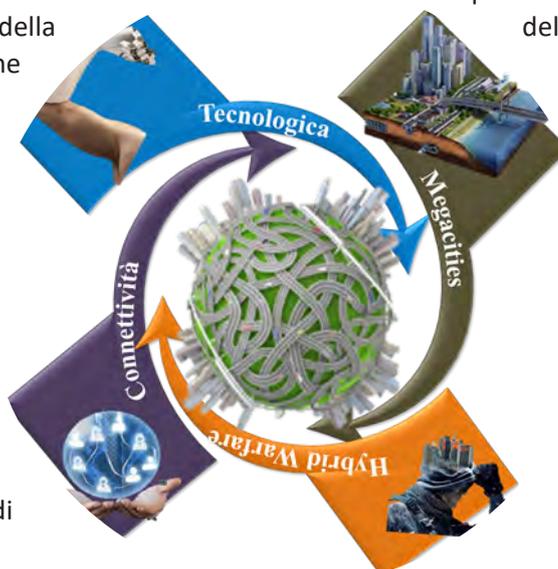


FIG. 2 - FUTURE OPERATING ENVIRONMENT 2035

sfide con le quali il Comandante dovrà necessariamente confrontarsi cercando di:

- condurre operazioni su ampia scala in ambienti compartimentati;
- impiegare la *joint fires* in ambiente *multi domain*;
- adottare un efficace *mission command*;
- mantenere un alto grado di consapevolezza del soldato nel contesto delle *megacities*;
- condurre operazioni mantenendo la comandabilità in ambiente ad alto tasso di connettività spettrale (elettromagnetica, digitale ed ottica);
- condurre ricognizioni *ground-air* e *security operations*;
- condurre operazioni *joint expeditionary* e di *initial entry force*.

In chiave generale, risulterà fondamentale per il successo della componente terrestre negli scenari futuri disporre di tecnologie avanzate e interoperabili con le altre componenti della Difesa. Tali necessarie ambizioni dovranno sottendere un forte supporto dei decision maker per quanto attiene allo sviluppo di strategie di trasformazione dello strumento militare.

Caratteristiche del contesto operativo futuro e potenziali *Game Changer*

Il contesto operativo del *post 2035* si presenta, dunque, contraddistinto da due aspetti concorrenti e concomitanti ma non convergenti: da una parte una progressiva globalizzazione dei fenomeni e delle problematiche ad ampio spettro, dall'altra una continua frammentazione del concetto di identità. Il verificarsi di eventi quali: il mutamento degli equilibri di potere a livello mondiale, una maggiore influenza e pervasività delle tecnologie, la centralità escludente delle reti informatiche, disastri di natura climatica, movimenti identitari locali, la progressiva diminuzione degli investimenti per il comparto della difesa tratterranno infatti un ambiente operativo il cui quadro sintetico

è caratterizzato da un'assoluta e crescente imprevedibilità.

Così, sebbene lo scenario futuro sia per diversi aspetti dipinto con tratti inquietanti e sorprendenti, è altrettanto inconfondibile l'assioma secondo cui la figura dell'uomo reciterà, convintamente, e ancora per molto tempo, un ruolo di assoluta preminenza anche a fronte del rapido incedere dei fenomeni precedentemente descritti con particolare riferimento al comparto della tecnologia. Per quanto affiancata da sistemi intelligenti e autonomi infatti, lo strumento militare del futuro attribuirà alla componente umana una funzione imprescindibile e assolutamente



FIG. 3 - POSSIBILI MEGACITIES DEL FUTURO

insostituibile nella gestione del campo di battaglia.

L'uomo pertanto dovrà imparare a convivere e gestire determinate contingenze che riguarderanno principalmente:

- i processi di maturazione tecnologica innovativa e gli aspetti dirompenti (es. *robot* con intelligenza artificiale, sciame di droni, nanotecnologie, energie alternative);
- l'attuazione della manovra in contesti urbani degradati;
- la continua permeabilità dell'ambiente elettromagnetico;
- il dominio cibernetico;
- la nuova frontiera rappresentata dal sottosuolo;
- le implicazioni normative nel nuovo campo di battaglia.

Considerando quanto detto sino ad ora, la complessità dell'*Operating Environment* futuro, legato soprattutto alla velocità con cui la tecnologia è in grado di fornire soluzioni sempre più innovative, delinea due cesure temporali denominate:

- **“Era of Accelerated Human Progress”, sino al 2035**, in cui i nostri avversari potranno sfruttare le nuove tecnologie e lo sviluppo di concetti capacitivi evoluti per essere competitivi in un contesto multidomain in maniera più rapida e reattiva;
- **“Era of Contested Equality”, dal post 2035**, in cui il livello di maturità tecnologica sarà in grado di sintetizzare al massimo le dimensioni conosciute (spazio e tempo) causando cambiamenti in grado di rivoluzionare la natura stessa della guerra.

- **fino al 2035**: tecnologie evolutive in grado di aumentare la situational awareness in chiave multidomain, dimostrandosi un moltiplicatore di forza per fornire un vantaggio decisivo soprattutto su un avversario non sempre capace di eguagliare le nostre capacità;
- **dal 2035**: tecnologie rivoluzionarie che cambieranno la dimensione spaziale e temporale del combattimento, fornendo un vantaggio decisivo sugli avversari non in possesso delle medesime.

Il potere terrestre del futuro, ovvero “la capacità complessiva delle F.A. di una Nazione

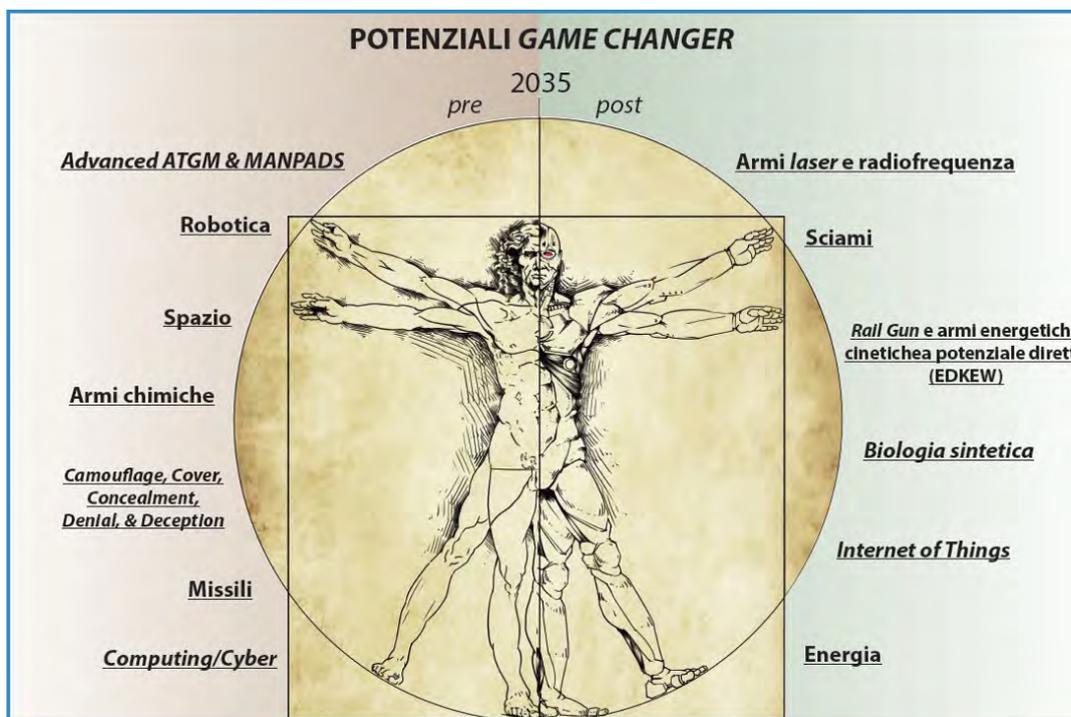


FIG. 4 - POTENZIALI GAME CHANGER PRE E POST 2035

Pertanto, prerequisito fondamentale per lo strumento militare terrestre sarà quello di conoscere i caratteri innovativi della prima per comprendere al meglio le sfide ancora più ambiziose con le quali occorrerà confrontarsi nella seconda.

A questo punto, utilizzando le Ere individuate sopra descritte, si può effettuare una speculazione sui possibili game changer:

di condurre e influenzare attività verso, attraverso e all'interno del dominio terrestre, al fine di tutelare i propri interessi e conseguire gli obiettivi prefissati”, dovrà verosimilmente adattarsi alla narrativa imposta dagli anni a venire. Gli eserciti del futuro dovranno infatti confrontarsi con sfide variegata, notevolmente mutevoli, dove alcuni concetti del recente passato verranno sistematicamente ribaltati e sostituiti: il concetto di “massa” lascerà

spazio alla “selettività dell’azione”, il controllo dell’opinione pubblica e la strategia degli effetti occuperanno le principali pagine dei manuali di tattica, la convivenza con componenti autonome e robotizzate all’interno di unità tattiche di manovra e di supporto non rappresenterà un evento straordinario.

Di particolare importanza per la componente terrestre risulterà il miglioramento di tutte le piattaforme, con particolare riferimento a quelle corazzate e blindate, e la realizzazione di sistemi di comando e controllo interfacciabili con gli altri attori della Difesa in ottica Forza Integrata Nazionale.

In più, considerando che la manovra si svilupperà in ambienti in maggioranza urbani, litoranei e artici, la leadership dovrà essere in grado di formare comandanti in grado di operare in aree compresse sia fisicamente sia temporalmente e con la capacità di agire in maniera simultanea e concorrente su tutti i livelli.

In sintesi lo strumento militare terrestre cambierà veste aggiornando in grandissima parte l’esercizio delle attuali funzioni operative che, nel *post* 2035, dovranno essere in grado di supportare, sin dal livello tattico, forme di manovra caratterizzate da un ambiente multilivello, dove gli effetti letali e non letali delle azioni militari avranno ricadute, in tempo reale non solo sul dominio fisico ma anche e soprattutto sul dominio cognitivo.

Inoltre, il principio del mission command sarà preso come uno dei principali riferimenti per i comandanti, unitamente a quello dell’*agility leader* in quanto prerogativa indispensabile per poter manovrare i differenti assetti alle proprie dipendenze: sottosuolo, *disruptive activities*, *influence*, *robotic autonomous system*, *big data*, impiego di armi non letali e impegno nella dimensione extraterrestre (effetti *space-based*)

saranno i termini più ricorrenti dei prossimi 30 anni.

Le Forze Terrestri dovranno continuare a concentrarsi sulla manovra complessa e diradata in ambiente *multi-domain* massimizzando il concetto del *combined arms* quale efficace soluzione per rimanere effettivamente competitivi.

2.2. Il Concetto Operativo dell’Esercito

Il futuro quadro strategico di riferimento sarà caratterizzato da **crescente complessità ed incertezza** legate al riproporsi del confronto e della **competizione tra attori statuali**, al perdurare delle minacce poste in essere da **attori non statuali** e alle sfide determinate dai **trend economici, socio-politici, demografici, ambientali e tecnologici**. La combinazione di tali fattori viene posta alla base dei cambiamenti dell’ambiente operativo, permettendo



FIG. 5 - CARRO ARIETE IN ESERCITAZIONE

di prospettare le peculiarità dei futuri conflitti, contraddistinti da spazi di manovra congestionati, affollati e connessi, in cui la presenza di attori civili imporrà vincoli sempre più stringenti all’uso della forza e difficoltà nell’individuazione e nella discriminazione degli obiettivi. La diffusione di armi sempre più potenti e precise e il proliferare degli attacchi nello dominio cibernetico implicherà l’adozione di adeguate contromisure e specifiche forme di manovra.

Contrastare la crescente indeterminata della minaccia determina una riflessione sulle soluzioni capacitive da perseguire nell'arco del prossimo quindicennio, per poter disporre in futuro di uno **Strumento Terrestre sempre più efficace, versatile e adattabile**, in grado di operare in tutto lo spettro dei conflitti per l'assolvimento delle missioni assegnate sia sul territorio nazionale sia in contesti multinazionali e interagenzia.

Tale evoluzione capacitiva viene inserita in un quadro concettuale che, oltre a considerare quale indispensabile parametro di pianificazione l'analisi del futuro ambiente operativo, pone le proprie basi nelle missioni assegnate alle Forze Armate, nelle funzioni che l'Esercito sarà chiamato ad assicurare nell'ambito delle suddette missioni e negli impegni assunti dall'Italia nell'ambito delle principali alleanze di riferimento, la cui sintesi definisce il **livello di impegno nazionale** e il contributo che l'Esercito è chiamato ad assicurare. Soddisfare il citato livello di impegno nella sua ipotesi più onerosa richiede di essere in grado di esprimere simultaneamente unità per:

- le esigenze connesse all'**assolvimento continuativo della 1^a/4^a missione** (Difesa dello Stato / Attività concorsuali di salvaguardia delle libere istituzioni e nello svolgimento di compiti specifici in circostanze di pubblica calamità e in casi di straordinaria necessità e urgenza);
- le esigenze di **reazione rapida nazionale** (JRRF) e quale bacino per ulteriori **esigenze di forze in prontezza per la NATO e l'Unione**

Europea;

- le esigenze discendenti dall'impiego nell'ambito della **2^a missione** (Difesa degli spazi Euro-atlantici ed Euro-mediterranei). Nello specifico si parla di un pacchetto di forze misto, **sostenibili in modo continuativo** (media/bassa intensità) o, in alternativa, un pacchetto di forze di dimensioni superiori, pari al doppio, **sostenibile per un periodo massimo di 6-8 mesi** (alta intensità);

Alle citate unità si aggiungono quelle impiegate per l'assolvimento della 3^a Missione (Contributo alla realizzazione della pace e della sicurezza internazionale), svolta attingendo a pacchetti di forze non impiegate nell'adempimento delle altre missioni.



FIG. 6 - OPERAZIONE STRADE SICURE

Le sfide future e l'idea centrale

Pertanto, ruolo, compiti e livello di impegno concorrono alla definizione della sfida che l'Esercito dovrà affrontare nel prossimo futuro: **“attuare, perseguendo l'obiettivo di una riduzione quantitativa, un processo di continuo adattamento sul piano organizzativo e capacitivo per fronteggiare con successo le sfide dell'ambiente operativo futuro, assicurando la necessaria efficacia, a supporto delle operazioni della Forza Integrata Nazionale e nell'assolvimento delle missioni assegnate”**.

Affinché la Forza Armata possa vincere tale sfida, **l'idea centrale** alla base dell'impiego delle Forze Terrestri viene individuata nel “ricercare il continuo innalzamento del proprio **vantaggio competitivo**, assicurando **rilevanza e incisività** nell'intero spettro dei compiti assegnati,

attraverso la continua evoluzione delle proprie capacità operative e la ricerca di **soluzioni innovative, costo-efficaci e pragmatiche**". Essa si sostanzia nel perseguimento di due macro-obiettivi:

- **la versatilità e adattabilità operativa**, ovvero la capacità di assolvere molteplici funzioni, dalla condotta di operazioni warfighting allo svolgimento di compiti connessi con il defence engagement, la sicurezza ed il supporto alla popolazione, e di condurre le operazioni adattando il proprio modus operandi alla situazione, di riconoscere le nuove sfide, sperimentando possibili soluzioni e **implementando risposte efficaci ad una velocità operativa maggiore rispetto agli avversari**;
- **l'efficacia multi-dominio**, attraverso l'applicazione combinata di un insieme di capacità, letali e non letali, finalizzata ad influenzare l'azione in tutti i suoi domini (terrestre, marittimo, aereo, spaziale e cibernetico) al fine di **presentare ai potenziali avversari molteplici dilemmi operativi**.

Requisiti e caratteristiche delle forze

Lo Strumento terrestre futuro dovrà soddisfare una **serie di requisiti** che consentiranno alle unità dell'Esercito di raggiungere standard qualitativamente elevati, essere tecnologicamente avanzate e avere una forte connotazione proiettabile, operando all'interno di contesti interforze, multinazionali e interministeriali. **Precisione, letalità e selettività nell'applicazione del combat power** rappresenteranno un elemento irrinunciabile nello sviluppo di un approccio manovriero delle operazioni terrestri, rendendo la **digitalizzazione dello spazio di manovra e dei sistemi di comando e controllo** un'evoluzione fondamentale a massimizzare l'applicazione di effettori nel momento e nel luogo desiderati. La **situational awareness** derivante dall'applicazione di tali sistemi, integrata con le potenzialità dei futuri sistemi di Intelligence, *Surveillance, Target Acquisition e Reconnaissance (ISTAR)*, oltre alle capacità *Electronic Warfare (EW)*, costituirà un

supporto indispensabile all'attività decisionale dei Comandanti durante la pianificazione e la condotta delle operazioni. L'Esercito dovrà, inoltre, mantenere la capacità di assolvere una molteplicità di ruoli ampiamente diversificata, da quelli militari tradizionali a quelli in supporto ad altre Istituzioni, sia sul territorio nazionale sia in ambito internazionale.

Priorità degli sviluppi capacitivi e concettuali

La strategia di sviluppo capacitivo e concettuale tenderà a:

- porre il proprio **centro di gravità** nello sviluppo delle capacità esprimibili dalle **Brigata di manovra pluriarma**;



FIG. 7 - UNITÀ DI FANTERIA IN ESERCITAZIONE

- **ricercare il potenziamento delle capacità di comando e controllo**, tramite un'incisiva azione di ammodernamento e rinnovamento tecnologico, il completamento delle capacità di difesa cibernetica e lo sviluppo di expertise nel settore dei sistemi spaziali;
- **perseguire l'incremento delle capacità di intelligence terrestre;**
- **sviluppare piattaforme tecnologicamente avanzate**, caratterizzate da requisiti di mobilità e protezione idonei a operare nei contesti futuri e concepite laddove possibile anche per impieghi di tipo concorsuale alle Autorità civili;
- **disporre di forze pesanti** per condurre attività tattiche nell'intero spettro dei conflitti;
- **assicurare la protezione delle forze al fine di evitare il degrado delle potenzialità operative** delle risorse militari disponibili per l'assolvimento della missione;
- **ridurre il footprint logistico a supporto delle operazioni**, ricercando soluzioni tecnologiche innovative e al contempo il completamento delle capacità a supporto della componente proiettabile di Forza Armata.

A integrazione di quanto detto fino ad ora, la strategia di trasformazione della Forza Armata delinea l'adozione di azioni concorrenti negli ambiti delle politiche del personale, dell'organizzazione, della formazione e addestramento, dello sviluppo infrastrutturale, della ricerca di sinergie esterne alla Forza Armata, finalizzate a consentire uno sviluppo armonico e articolato allo Strumento terrestre

in tutte le sue componenti. Tali provvedimenti mireranno a:

- sviluppare una **cultura organizzativa** tesa all'innovazione e alla sperimentazione;
- formare una **leadership** efficace, competente e motivata;
- valorizzare il personale e salvaguardarne il benessere;
- elaborare una strategia di **riordino dell'intera Forza Armata**, tesa ad assicurare la più ampia disponibilità di forze proiettabili;
- garantire unitarietà di indirizzo alla **formazione e specializzazione**, allo **sviluppo dottrinale** e al ciclo delle **lezioni apprese**;
- perseguire la realizzazione di **infrastrutture** moderne, sicure, efficienti e pienamente funzionali alle esigenze attuali e future della Forza Armata, ispirate a nuovi standard costruttivi, energeticamente neutre e dagli oneri manutentivi molto contenuti;
- ricercare **sinergie** a livello internazionale, con **il mondo della ricerca e con l'industria nazionale degli armamenti terrestri**.

In conclusione, il processo di trasformazione dovrà assicurare capacità operative idonee a fronteggiare le sfide future ma richiederà, oltre al soddisfacimento dei principali requisiti organizzativi enunciati, di dedicare ogni possibile attenzione alla componente umana, che rappresenta la fondamentale e irrinunciabile risorsa.



FIG. 8 - ARMI A ENERGIA DIRETTA NEL PROSSIMO CONTESTO OPERATIVO.

2.3. Futuri Trend di sviluppo capacitivo per la Forza Terrestre¹ (a cura LEONARDO)

La convergenza di *mega-trends*, come l'aumento della popolazione nelle megalopoli, l'elevato grado di interconnessione tra la popolazione, la proliferazione di sistemi d'arma altamente letali e la scarsità di risorse, impegnerà le forze terrestri in ambienti operativi di combattimento urbano e in aree litorali ponendo tutta una serie di nuove sfide nel comando, controllo e comunicazioni (C3), protezione del personale e comprensione della situazione. Le forze di terra dovranno essere ben integrate con le altre forze per affrontare queste sfide in modo adeguato.

Proiezione della Forza e Applicazioni

Il sovrappopolamento, l'urbanizzazione "tentacolare", la crescente scarsità delle risorse, l'esponentiale interconnessione e la proliferazione di tecnologie avanzate stanno disegnando gli scenari operativi delle forze terrestri. La pressione economica e demografica alimenta gli scontri etnico-settari, nazionalistici e religiosi. La rapida proliferazione di tecnologie avanzate sta rendendo sempre più sfuggenti, determinati e capaci gli attori non statali - pur rendendo possibili notevoli miglioramenti nella modernizzazione degli apparati degli stati-avversari determinati a sfidare l'ordine globale. Una crescita significativa è evidente in una serie di tecnologie disruptive; dalle capacità anti-access/area denial, alle armi di precisione a lungo raggio, dai missili anti-carro di nuova generazione, ai sistemi aerei senza pilota (UAS) armati, capacità *counter-network* avanzate o la manipolazione dei *social media*.

Capacità	Aree di ricerca
<p><i>Close Combat Modernisation</i></p> <p>Sviluppare la nuova generazione di capacità di <i>infantry fighting vehicle</i> e <i>main battle tank</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Prepararsi agli scenari urbani contestati • Aumentare proiezione di forza, sistemi di ingaggio e agilità tattica delle Forze Speciali • <i>Manned-unmanned</i> teaming come nuovo paradigma nel combattimento terrestre <p><i>Combat Support Modernisation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sviluppare la nuova generazione di <i>combat reconnaissance vehicles</i> • Maturare digitalizzazione e integrazione del "fuoco" • Nuova generazione di munizionamento – autonomo, <i>loiter</i>, programmabile, 	<ul style="list-style-type: none"> • Architettura per sistemi terrestri basati su piattaforme comuni modulari e scalabili equipaggiabili con <i>payloads</i>, "combat" e non • Mobilità • Potenza di fuoco • Sopravvivenza • Materiali innovativi • Analisi di vulnerabilità <p>Supporto alla presa di decisioni e miglioramento di tattiche, tecniche e procedure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellazione e simulazione • Esplorazione e valutazione dei concetti attraverso sperimentazione e <i>wargaming</i> • Avanzamento sulle prestazioni del sistema, efficacia operativa e potenziali miglioramenti • Operazioni elicottero-nave

¹ "Shaping Defence Science And Technology In The Land Domain 2016–2036".

<p>scalabile, selettivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Robotica di terra <i>Unmanned</i> per demolizione/<i>breaching</i> <p style="text-align: center;"><i>Attività terrestri Cross-domain</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Long range fires e land-based maritime strike</i> • Difesa aerea e missilistica <i>ground-based</i> • Mitigare le minacce emergenti con nuovi sistemi d'arma • Sviluppare sistemi aerei unmanned • Incrementare la configurabilità della missione e dei sistemi da combattimento terrestre digitalizzati • Integrare le capacità <i>Joint</i> <p style="text-align: center;"><i>Capacità aerea</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Airworthiness e safety</i> • Efficacia operativa e <i>survivability</i> • Operazioni in ambiente degradato <p style="text-align: center;"><i>Capacità Anfibia</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Integrazione delle nuove capacità della forza terrestre con forze anfibe • Nuova generazione di elicotteri • Sviluppare capacità congiunte costiere, litorali, estuarie e fluviali 	<p style="text-align: center;"><i>Architetture e reti</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Veicolo aperto, adattabile ed architettura evolvibile e standard • Open architecture di rete e integrazione • Self-management del sistema veicolo • Integrazione e rischi del sottosistema veicolo <p style="text-align: center;"><i>Sistema d'arma ed effettori</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Esplosivi, sistemi balistici e armi non guidate • Munizionamento guidato ed intelligente • Analisi delle prestazioni delle armi • Sistemi avanzati di combattimento e missione • Nuove informazioni e previsioni sulla tecnologia dei sistemi d'arma • Laser, armi ad alta energia/energia diretta e armi a microonde • Ricerca avanzata, rilevamento, localizzazione, controllo e sistemi di ingaggio • Integrazione di sensori ed effettori joint <p style="text-align: center;"><i>Integrità strutturale aeromobili e indagini su incidenti</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Massima resistenza strutture danneggiate e non • <i>Through life structural assessment</i> • Analisi dei guasti • Meccanismi di corrosione e sistemi di protezione • Analisi dei materiali di indagine • Modellazione delle dinamiche di volo <p style="text-align: center;"><i>Sistemi Unmanned</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologie autonome e intelligenza artificiale • Tecnologie Unmanned di controllo aereo • Robotica terrestre • Guida autonoma in "<i>off-road and urban warfare scenario</i>" • <i>Manned-unmanned teaming concept analysis</i>
---	---

Human Performance

La prestazione umana si focalizza su quattro aspetti: Corpo, Strumenti, Mente e Social. La *Line of Effort* (LOE) "Corpo", si riferisce alla fisiologia di un individuo. Iniziative di modernizzazione e pietre miliari in questo ambito includono la definizione delle priorità degli attributi di prestazione per il condizionamento individuale, il monitoraggio dello stato fisiologico in tempo reale e lo sviluppo di tessuti / organi artificiali o auto-riparanti. "Strumenti" si riferisce alle attrezzature, ai materiali, ai sistemi, alle strutture progettate per aumentare le capacità fisiologiche o cognitive di un individuo (dispositivi di visione ibrida, centri di resilienza al combattimento in cui sistemi di addestramento immersivo e

adattivo forniscono livelli di addestramento in domini *live*, virtuali e constructive).

"Mind" si riferisce alle capacità cognitive e comprende iniziative di modernizzazione per sviluppare tecniche decisionali avanzate e una maggiore resilienza, portando allo sviluppo e alla formazione delle funzioni cognitive prima dell'introduzione, se necessario, della cognizione aumentata.

"Social" si riferisce allo sviluppo di team adattivi che supportano il personale attraverso iniziative come l'allineamento della formazione e dell'istruzione con le esigenze organizzative, portando a maturazione il concetto di Esercito come organizzazione di apprendimento.

Capacità	Aree di ricerca
<ul style="list-style-type: none">• Preparare ed accrescere cognitivamente individui e team (<i>Team with autonomous systems</i> etc.)• Preparare ed accrescere fisicamente individui e team (Sviluppare tecnologie <i>load-sharing</i>, Adattamento ad ambienti estremi, sviluppare equipaggiamento, dotazioni e indumenti etc.)• Migliorare alimentazione/nutrizione• Avanzare nelle tecniche di riabilitazione del personale (sfruttare tecnologie biomediche emergenti etc.)• Aumentare capacità di adattamento	<ul style="list-style-type: none">• Scienze cognitive, sociali, alimentari, mediche (<i>health and well-being data management</i>), <i>Human-centred physical science</i>



FIG. 9 - POSSIBILE SCENARIO NELL'ERA POST 2035

Protezione della Forza Terrestre

I conflitti del futuro vedranno con molta probabilità la forza terrestre operare in aree urbane sempre più affollate contro avversari sempre più difficili da rilevare, ma che possiedono maggiori livelli di connettività e letalità, rispetto a quelli della recente storia militare. La protezione delle forze terrestri rimarrà un elemento chiave in futuro: la forza terrestre dovrà essere strutturata, addestrata

e dotata di sistemi integrati passivi, reattivi e proattivi ed essere in grado di condurre tutte le operazioni in ambito chimico, biologico, radiologico, nucleare e in presenza di esplosivi (CBRNE), a causa di attacchi intenzionali o, ad esempio, incidenti industriali; minacce fisiche a personale, mezzi e strutture devono essere minimizzate; le reti e i sistemi operanti all'interno dello spettro elettromagnetico devono essere protetti dagli attacchi elettronici e informatici.

Capacità	Aree di ricerca
<p style="text-align: center;">Difesa CBRNE</p> <ul style="list-style-type: none"> Ridurre l'esposizione alle minacce con contromisure elettromagnetiche e utilizzo di sistemi autonomi <p style="text-align: center;">Protezioni fisiche</p> <ul style="list-style-type: none"> Sviluppare soluzioni di protezione modulari e scalabili Integrazione di protezioni passive attive e reattive Sviluppare soldato integrato di nuova generazione <p style="text-align: center;">Counter-surveillance e Deception</p> <p>(sistemi di <i>signature management system</i> integrati, <i>decoy systems</i> etc)</p> <p style="text-align: center;">Electronic Warfare (EW) / Cyber</p> <p>(degradare la capacità offensiva dell'avversario attraverso l'interruzione e il controllo dello spettro elettromagnetico)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Valutazione e modellizzazione delle minacce CBRNE Contromisure elettroniche avanzate di protezione della forza Nuovi materiali per protezioni balistiche Sistemi di protezione attivi modulari e <i>open architecture</i> Sistemi di protezione reattivi modulari e <i>open architecture</i> Protezioni multiruolo avanzate e tecnologie di fabbricazione <i>Signature modelling</i> <i>Electro-optical sensing</i>, compreso sistemi integrati di <i>situational awareness</i>

Comando, Controllo e Comunicazioni (C3)

La forza terrestre si troverà a operare in un dominio in cui lo spettro elettromagnetico è degradato o negato. Il volume dei flussi di informazioni e il livello di affidabilità presenteranno nuove sfide ai decisori. L'Esercito deve sviluppare una capacità di difesa delle reti critiche e operare in condizioni di negazione o degrado della rete, con capacità di recupero cognitivo, guerra elettronica e attacco informatico. Miglioramenti nel processo decisionale automatizzato, reti digitali, gestione e comando dei sistemi informativi e dei

processi avranno un impatto sulle pratiche di modernizzazione. I veicoli terrestri e aerei senza pilota dovranno essere serviti da reti per il Comando e Controllo (C2) e l'offload dei dati.



FIG. 10 - POSTO COMANDO IN ESERCITAZIONE

Capacità	Aree di ricerca
<p style="text-align: center;">Comando e controllo (C2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • HQ ottimizzato per sfruttare la digitalizzazione • Decisori cognitivamente abilitati a comprendere e adottare un ciclo decisionale più rapido rispetto all'avversario <p style="text-align: center;">Comunicazioni e reti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemi convergenti di <i>battlefield management</i> • Exploitation e diversificazione della digitalizzazione, con resilienza, auto-adattamento e ridondanza, compresi sistemi di comunicazione posizionamento, navigazione e tempo (PNT) • <i>Self Networking Radio</i> (SNR) per controllo remoto su grandi distanze con funzionalità <i>Beyond Line of Sight</i> (BLOS) e comunicazione <i>multi-hop</i> 	<p style="text-align: center;">Ottimizzazione a livello di sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concetti e capacità di comando e controllo • Ragionamento automatizzato e supporto decisionale • Tecnologie di gestione della battaglia EW che consentono un miglioramento C2 in domini <i>cyber</i> ed elettromagnetici, inclusi ambienti negati / degradati • Modellazione e analisi del flusso di informazioni • Interoperabilità della coalizione <p style="text-align: center;">Reti protette di comunicazioni satellitari e radio</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Beamforming</i> distribuito • Bassa probabilità di intercettazione/rilevazione • Estensione del raggio di comunicazione • Sistemi autonomi per la resilienza della Distribuzione sicura delle chiavi quantistiche •

<p><i>Cyber & Electronic Warfare (EW)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Migliorare la resilienza dei sistemi di missione tattica al <i>cyber</i> attacco ed EW • Integrazione dei sistemi difensivi <i>cyber</i> ed EW in un'architettura comune • Sviluppare capacità per ottenere effetti <i>cyber</i>-EW tattici • <p><i>Soppressione ed eliminazione delle interferenze EM</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Compatibilità elettromagnetica degli effetti ambientali • Metodi di temporizzazione ad accesso multiplo • Filtro di frequenza e cancellazione attiva del segnale 	<p><i>Sistemi ed effetti cyber-EW tattici</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemi <i>cyber</i>-EW adattivi e cognitivi • Tecnologie quantistiche ed elettromagnetiche per il rilevamento, posizionamento, navigazione e tempo (PNT) • Geolocalizzazione di precisione • Sensori ed effettori a banda larga multicanale • Avviso integrato sulle minacce e consapevolezza della situazione <p><i>Analisi e mitigazione della vulnerabilità informatica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rilevazione e analisi automatizzate delle vulnerabilità • Strumenti crittografici, crittografia quantistica <p><i>Convergenza di EW, comunicazioni, SIGINT e cyber</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologie di correlazione e fusione dei dati • Integrazione e visualizzazione delle informazioni
--	---



FIG. 11 - POSTO COMANDO DIGITALIZZATO - CYBER SECURITY

Comprensione della situazione

Le principali sfide del futuro ambiente operativo includono l'impatto che avrà l'accesso degli attori statali, e non, alle emergenti tecnologie disruptive, la capacità di mantenere una narrativa dominante e l'incorporazione di sistemi e processi che diffondano rapidamente la comprensione della situazione in ambito tattico, operativo e strategico. La crescente complessità del futuro ambiente operativo richiederà che la forza terrestre sia capace di rilevare, distinguere e tracciare potenziali avversari e

pertanto occorre incrementare le capacità di ricognizione, sorveglianza, intelligence, che saranno cruciali per mantenere la superiorità nella presa di decisioni. Infine, l'Esercito deve sviluppare una migliore comprensione delle vulnerabilità della propria stessa forza e di quella avversaria attraverso i domini spaziali e *cyber*, per poterla adeguatamente sfruttare.

Capacità	Aree di ricerca
<p style="text-align: center;">Rilevamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consapevolezza tempestiva attraverso <i>manned-unmanned teaming</i> • Sistemi <i>multi-sensing</i> automatici persistenti attivi, semi-attivi e passivi • <i>Sensing</i> integrato strategico • <i>Sensing</i> robusto in ambiente complesso, ostile e degradato, fin dove le coperture attuali non si estendono <p style="text-align: center;">Processo e analisi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemi dispiegabili di gestione delle informazioni di intelligence e verifica delle informazioni • Analisi avanzata ed elaborazione adattiva al contesto • Comprendere, influenzare e modellizzare l'avversario • Ridurre il carico di lavoro degli analisti attraverso la fusione automatizzata delle informazioni 	<p style="text-align: center;">Sensori</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellazione integrata di signature • Rilevamento elettro-ottico incluso iperspettrale • Radar passivo <p style="text-align: center;">Sistemi di intelligence</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geospaziali • Biometrici • Sistemi e piattaforme di rilevamento unmanned <p style="text-align: center;">Sistemi space-based</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemi informatici avanzati • Informatica cognitiva • Tecnologie e architetture di <i>big data</i>, tecnologie <i>cloud</i> distribuite • Informatica neuromorfica e quantistica <p style="text-align: center;">Analytics e fusion</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Data mining e deep machine learning</i> • <i>Speech recognition</i> • Analisi e processo delle immagini • <i>Data fusion</i> di sensori e informazioni di alto livello • <i>Automated reasoning</i> e supporto alla presa di decisioni

<p style="text-align: center;"><i>Integrazione e awareness</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Architetture ISR integrate nel dominio <i>joint</i> e con i sistemi di gestione della battaglia 	<p style="text-align: center;">Scienze sociali</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellazione di <i>social network</i> • Psicologia sociale e tecniche di influenza <p style="text-align: center;"><i>Architetture e sistemi ISR integrati</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Architetture e <i>standard</i> aperti • Reti scalabili <p style="text-align: center;"><i>Interfaccia uomo-macchina</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisi visiva • Integrazione e visualizzazione delle informazioni • Sollecitazione conoscenza umana
--	--



FIG. 12 - POSTO COMANDO DIGITALIZZATO IN TENDA

Servizio di supporto (*Combat Service Support – CSS*)

L'utilizzo di sensori come parte dei sistemi di tracciamento delle risorse può offrire vantaggi nel migliorare la consapevolezza della situazione, monitorare la catena di approvvigionamento e lo "stato di salute" degli equipaggiamenti, come ad esempio i biosensori in forma indossabile e impiantabile. L'area della salute ha visto progressi nella ricerca neurologica, sistemi di prevenzione dei danni, diagnostica portatile e trattamento di lesioni complesse. I sistemi robotici autonomi e controllati a distanza hanno guadagnato popolarità come potenziali sostituti umani per compiti *dull, dirty and dangerous*. I veicoli terrestri senza pilota (UGV) e i veicoli aerei senza equipaggio (UAV) possono trovare applicazione nei ruoli di approvvigionamento, distribuzione ed evacuazione. Allo stesso tempo avanzano i progressi nello sviluppo di protesi ed esoscheletri. Nel campo delle tecnologie energetiche, la generazione di

energia ha da tempo incluso le fonti alternative, con continui progressi nella generazione di idrogeno, conversione da biomassa / rifiuti a combustibile, celle solari, energia solare concentrata e uso dell'energia eolica. La ricerca sullo stoccaggio di energia ha visto miglioramenti nell'efficienza dei costi delle batterie di litio e l'esplorazione di materiali alternativi per batterie e supercondensatori. Microreti in corrente continua stanno guadagnando popolarità anche come per il modo più efficiente di gestire la distribuzione locale di elettricità.



FIG. 13 - PROTOTIPO DI UGV DURANTE ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE RAS

Capacità	Aree di ricerca
<p data-bbox="405 253 547 282" style="text-align: center;"><i>CSS Control</i></p> <ul data-bbox="225 329 740 544" style="list-style-type: none"> • Sistemi CSS di informazione dispiegabili • Tecnologie CSS di rilevamento e risposta • Sistemi CSS di integrazione con <i>network</i> più ampi • CSS organizzati per operazioni e adattati al tipo di presidio <p data-bbox="397 591 555 620" style="text-align: center;">Distribuzione</p> <ul data-bbox="225 667 740 804" style="list-style-type: none"> • Rifornimento semi-autonomo • Evacuazione semi-autonoma • Carico potenziato per l'aviazione militare <p data-bbox="389 851 563 880" style="text-align: center;">Manutenzione</p> <ul data-bbox="225 927 740 1140" style="list-style-type: none"> • Sviluppo architettura per <i>maintenance information management</i> e supporto alla presa di decisioni • Operazioni sostenibili e produttività di manutenzione • Manutenzione predittiva <p data-bbox="389 1187 563 1216" style="text-align: center;">Servizi sanitari</p> <ul data-bbox="225 1263 740 1435" style="list-style-type: none"> • Miglioramento della cura del paziente attraverso l'integrazione di dati sanitari • Funzionalità chirurgiche avanzate • Valutazione e trattamento iniziale semi-autonomi delle vittime in battaglia <p data-bbox="373 1482 579 1512" style="text-align: center;">Servizi sul campo</p> <ul data-bbox="225 1559 740 1731" style="list-style-type: none"> • Infrastrutture energetiche dispiegabili • Sicurezza energetica e flessibilità per la fornitura di energia • Riduzione del carico sul soldato delle soluzioni di potenza integrate 	<p data-bbox="810 253 1319 282" style="text-align: center;">Metodi di supporto alle decisioni logistiche</p> <ul data-bbox="798 329 1313 470" style="list-style-type: none"> • Modellazione e analisi del flusso di informazioni logistiche • Tecnologie e architetture di <i>big data</i> e <i>tecnologie cloud</i> <p data-bbox="906 517 1227 546" style="text-align: center;">Tecnologie di distribuzione</p> <ul data-bbox="798 593 1313 806" style="list-style-type: none"> • Sistemi logistici automatizzati e autonomi • Progettazione della catena di approvvigionamento • Tecnologie additive di produzione e riparazione <p data-bbox="821 853 1305 918" style="text-align: center;">Tecnologie di manutenzione - <i>Health and Usage Monitoring System (HUMS)</i></p> <ul data-bbox="798 965 1313 1178" style="list-style-type: none"> • Sistemi di sensori avanzati per il monitoraggio delle risorse e monitoraggio dello stato di salute • <i>Data mining</i> logistico e analisi statistica • Sistemi di monitoraggio dello stato e dell'utilizzo del sistema <p data-bbox="948 1225 1187 1254" style="text-align: center;">Tecnologie sanitarie</p> <ul data-bbox="798 1301 1313 1547" style="list-style-type: none"> • Ricerca telematica e basata sulla simulazione • Formazione sanitaria • Sistemi esperti di salute/diagnosi • <i>E-health</i> e gestione dei dati • Conservazione della vita e prevenzione avanzata

Trend più rilevanti per lo scenario futuro 2035²

Globalizzazione e interconnettività. Nei prossimi quindici anni, le conseguenze di eventi dirompenti e poco prevedibili saranno sempre più globali e tali da richiedere un'azione coordinata da parte della comunità internazionale. La rapidità del mutare degli eventi richiederà risposte agili da parte delle Forze Armate, ponendo una sfida agli stati, ai decisori politici e agli altri attori coinvolti nel pianificare e approntare soluzioni efficaci e veloci.

Demografia. Si prevede che la popolazione mondiale aumenti dagli attuali 7,2 miliardi a un numero compreso tra 8,1 miliardi e 9,4 miliardi entro il 2035³. Negli stati in via di sviluppo, si registrerà un rapido aumento della popolazione e dell'urbanizzazione che potrà costituire un elemento concreto di instabilità. Questo trend potrebbe essere esacerbato dal probabile squilibrio dovuto ai fattori età e genere, che si

aggiunge alle tensioni politiche e sociali. In particolare, una numerosa popolazione giovanile di sesso maschile in Medio Oriente, Asia centrale e Africa sub-sahariana potrebbe rappresentare un serbatoio di malcontento per giovani più sensibili al fenomeno della radicalizzazione.

Urbanizzazione. Entro il 2035, si prevede che la maggioranza della popolazione mondiale viva all'interno di aree urbane, in prevalenza situate vicino o sulle coste. Tuttavia, a causa del rapido tasso di urbanizzazione, è probabile che molte aree suburbane nei paesi meno sviluppati rischino di trasformarsi in "baraccopoli". Gli stati "falliti" potrebbero diventare fonte di maggiore insicurezza con ripercussioni sempre più importanti su scala globale, tali da poter richiedere un'azione da parte della comunità internazionale, soprattutto nelle aree inclini a catastrofi naturali e sprovviste di resilienza per la mancanza di infrastrutture, scarsità di risorse, istituzioni inefficaci o assenti e servizi

di emergenza inadeguati. L'inadeguatezza delle istituzioni, in mancanza di una *governance* formale, potrebbe permettere ad attori criminali non statali di prosperare e sostituirsi al potere statale agendo su servizi anche ritenuti critici.

Spostamento dell'equilibrio del potere. Il centro di gravità del potere economico globale sta continuando a spostarsi, lontano dal Nord America e dall'Europa, verso l'Asia, con conseguente alterazione degli equilibri in un mondo sempre più multipolare. Mentre è probabile che gli Stati Uniti continuino a disporre di qui

al 2035 dell'esercito più potente, il loro vantaggio militare può ridursi ed essere



FIG. 14 - OPERAZIONE STRADE SICURE FIRENZE

² "DCDC Strategic Trends Programme: Future Operating Environment 2035".

³ "UN Department for Economic and Social Affairs. (2012), 'UN (2012) World Population Prospects'".

sempre di più sottoposto alle sfide lanciate dalla Cina. Altre potenze emergenti, come Brasile e India, in cerca di risorse, avranno un interesse strategico ben al di là delle proprie regioni. Stati come Australia, Canada, Germania, Indonesia, Giappone, Messico, Nigeria, Sud Africa e Turchia sembrano ambire tutti a un crescente ruolo a livello regionale. La Russia potrebbe continuare ad avere un impatto globale attraverso la sua azione transregionale, rafforzata dalle sue dimensioni e dalla potenza militare, sebbene minacciata dal calo demografico, dalle infrastrutture datate e dalla corruzione sistemica. In un mondo sempre più globalizzato e interconnesso non sono solo queste le potenze che eserciteranno la loro influenza, ma anche altri attori non statali mireranno ad esercitare la propria azione, ad esempio, attraverso la sponsorizzazione del terrorismo o gli attacchi *cyber*.

Cambiamento climatico. Il cambiamento climatico potrebbe dare luogo a effetti



FIG. 15 - ELICOTTERI IN VOLO IN TEATRO OPERATIVO AFGHANO

catastrofici come innalzamento del livello degli oceani, distruzione di ecosistemi, malattie e carestie. Gli effetti secondari possono invece portare a nuovi flussi migratori, disordini sociali, instabilità e conflitti. È probabile che le Forze Armate siano più frequentemente impegnate nelle crisi per fornire assistenza umanitaria con un ruolo di supporto a fianco di organizzazioni non governative. Gli effetti del cambiamento climatico saranno avvertiti in tutto il mondo, tuttavia è evidente che i paesi in via di sviluppo risentiranno degli impatti economici e sociali in modo più acuto, poiché dotati di risorse inferiori

per poterlo mitigare con successo.

Scarsità delle risorse. La domanda per un certo numero di risorse naturali aumenterà nel corso dei prossimi 20 anni. L'aumento dei costi associati a questa domanda potrebbe generare elevati livelli di disuguaglianza tra le nazioni. La disponibilità di acqua potabile e la carenza di cibo in alcune aree potranno essere causa di conflitto. In molti stati la condivisione delle risorse idriche, la scarsità e la deviazione di fonti di acqua dolce potrà innescare carenze e fallimento dei raccolti, con conseguenti carestie, migrazioni e conflitti. Potrebbe determinarsi anche una scarsità di combustibili fossili, terre rare e nuovi materiali *high tech*. Per affrontare queste carenze, l'esplorazione si spingerà verso ambienti remoti e sfidanti, che richiedono lo sviluppo di nuove e più efficienti tecniche estrattive. È probabile che queste aree richiedano una protezione adeguata e misure per garantirne la sicurezza e in definitiva, la fattibilità dell'esplorazione.

Lo sviluppo di tecnologie opportune potrebbe far riconsiderare l'estrazione di risorse laddove non era considerata conveniente prima. La necessità di proteggere le linee di comunicazione e trasportare risorse critiche attraverso rotte convenienti in regioni estese e talvolta soggette a conflitti, nonché di garantire l'accesso alle risorse, può contribuire alla concorrenza e fungere da catalizzatore per conflitti interstatali.

Criminalità e corruzione. L'aumento della corruzione mina il corretto funzionamento dei governi erodendo la loro credibilità, legittimità e responsabilità, causando e perpetuando situazioni di conflitto e instabilità e contribuendo alla disuguaglianza globale. Nelle transazioni criminali saranno sempre più utilizzate valute alternative, rendendo più semplice finanziare le organizzazioni terroristiche in modo anonimo. Far rispettare la legislazione anticorruzione sarà impegnativo, soprattutto negli stati che escono da una situazione di conflitto. L'aumento del traffico di droga, armi e persone oltre i confini continuerà a rappresentare un problema per la sicurezza mondiale.

Rapporti con lo stato. Uno spettro più ampio di attori non statali costituisce una sfida per gli stati. Tali attori esercitano un'influenza ancora più evidente nei paesi in via di sviluppo. Sebbene lo stato continuerà a essere l'attore principale negli affari internazionali, crescerà l'importanza di grandi multinazionali e corporazioni e organizzazioni non governative.

Tecnologia. La tecnologia sarà un *driver* del cambiamento per via della crescente accessibilità a essa in diversi campi da parti di vari attori. Un nuovo approccio alla tecnologia potrebbe offrire l'opportunità di compensare alcuni futuri motivi di tensione. La globalizzazione tecnologica porterà a una maggiore proliferazione di equipaggiamento di fascia bassa e ad una riduzione dei costi, attraverso economie di scala, ma aumenterà l'accesso di una serie di attori ad armi relativamente sofisticate. Questi attori possono impiegare tecnologia *dual-use* o commerciale esistente in modalità altamente innovative, che possono diventare dirompenti. Il vantaggio tecnologico militare di cui gode l'Occidente potrebbe ridursi, laddove la proliferazione di tecnologia comporterà che una nuova serie di attori avrà accesso a sistemi precedentemente di uso esclusivo dei paesi sviluppati. Inoltre, anche l'eventuale superamento in campo economico dei paesi occidentali, potrebbe impedire loro di fare affidamento interamente su armamenti ed equipaggiamenti di prim'ordine, diventando questi considerevolmente più costosi e rendendone l'approvvigionamento nella quantità adeguata non realizzabile.

Technology Trends⁴

Technology Trends for Disruption in Short Term

Additive Manufacturing: Additive manufacturing e stampa di componenti portatili consentiranno di

migliorare l'agilità logistica e operativa delle forze armate (fino all'autosufficienza quando il supporto logistico richiesto è limitato) e di ridurre la manutenzione delle piattaforme militari. Nel breve termine si prevede un aumento nella capacità di produzione di pezzi di ricambio e componenti di equipaggiamento attraverso la ristrutturazione delle catene di approvvigionamento. Anche la produzione ibrida, che combina i processi di produzione additiva e sottrattiva all'interno della stessa macchina ha un importante sbocco potenziale. La logistica si snellerà in termini di equipaggiamento e i materiali di consumo verranno stampati direttamente nel punto di utilizzo. Tuttavia, probabilmente non cambierà la necessità di trasportare carburante, cibo e acqua in grandi quantità alle truppe dispiegate. È da tenere presente che gruppi terroristici e organizzazioni criminali possano arrivare a stampare (attraverso design rubati, retro-ingegnerizzati o scambiati illegalmente) armi, sensori e altre attrezzature utilizzando materiali grezzi difficili da tracciare sull'open market. Le applicazioni attuali e di breve termine comprendono principalmente la stampa



FIG. 16 - ERA POST 2035

di parti complesse a basso volume e / o obsolete, come produzione di pezzi di ricambio sul campo o riparazioni e parti sostitutive per la produzione in serie di elevati volumi (ad esempio *cast*).

Everywhere Computing: L'*everywhere computing* riguarda la connessione dei dispositivi tra loro e la capacità di beneficiare di strutture di dati distribuiti

⁴ "Emerging Technology Trends For Defence And Security" Harald Andås.

e servizi di *cloud computing*, incorporando dispositivi connessi all' *Internet of Things* (IoT). Implica che la potenza di calcolo necessaria sia resa disponibile "sempre e ovunque"; consente agli utenti di interagire (in linea di principio) con qualsiasi tipo di dispositivo di elaborazione, da quelli *embedded* relativamente semplici (come per il monitoraggio dello stato dei sensori), dispositivi di *input / output* (altoparlanti, schermi), dispositivi di elaborazione tradizionali (*smartphone, laptop*) a piattaforme *embedded* complesse (veicoli autonomi). Applicando questo paradigma e le tecnologie e i concetti dell'IoT al dominio militare - *Internet of Military Things* (IoMT) – si possono supportare applicazioni come *integrated soldier systems* o ambienti di modellizzazione e simulazione distribuiti (*coalition*). Nuovi modelli per la autenticazione e *trust* distribuiti sono un prerequisito per lo sviluppo di molti aspetti di questa tecnologia, come ad esempio *blockchain*.

Predictive Analytics e Big Data: la *Predictive Analytics* utilizza tecniche di *machine learning* e una varietà di metodi statistici (induttivi) e identificazione di sistemi non lineari (regressioni, relazioni non lineari) su insiemi di *Big Data* per individuare relazioni e dipendenze, oppure prevedere le tendenze e sfruttare i modelli di comportamento. *L'augmented analytics* mediante algoritmi computerizzati di *machine learning* trasformerà il modo in cui i contenuti di analisi vengono sviluppati, utilizzati e condivisi (preparazione di *data set*, gestione dei dati e dei processi, estrazione dei processi, generazione automatica dei modelli). La proliferazione dei *social media* e la relativa generazione di dati continuerà a rimanere per qualche tempo un banco di prova per diversi metodi di analisi. Nel contesto della difesa e della sicurezza le applicazioni possono includere attività di sorveglianza, analisi del *sentiment* della popolazione, condivisione delle conoscenze e delle informazioni o comunicazioni ritenute strategiche, anche sfruttando le capacità di funzioni di dispositivi di *mobile computing* (come *GPS*, video, audio) che potrebbero essere riutilizzati in ambito C4ISR.

Unmanned Systems (UXS): un'ampia varietà di sistemi senza pilota è già in uso nelle operazioni militari in tutti i settori. Essi sono diventati una

caratteristica regolare nei conflitti e la loro proliferazione dovrebbe continuare in tutte le aree del globo. I futuri sistemi senza pilota godranno di livelli di autonomia più elevati, a seconda della missione e delle tecniche di intelligenza artificiale in via di sviluppo. Gli UGS e UAS sono già ampiamente impiegati per *intelligence*, sorveglianza, acquisizione e neutralizzazione, su supervisione e controllo dell'operatore umano, di obiettivi e missioni di ricognizione (ISTAR) nonché di supporto logistico e il contributo a questa capacità probabilmente rimarrà l'obiettivo della tecnologia UXS nel breve termine. Un livello crescente di automazione e *teaming* consente ad un singolo operatore di controllare più UXS. L'uso di veicoli senza pilota verrà ampliato nell'ambito delle comunicazioni in operazioni militari come nodi locali delle reti in soluzioni complesse di sistemi di sistemi. Il valore degli UXS armati nelle missioni di attacco contro diversi *target* è testato, tuttavia veicoli ottimizzati per compiti nello spazio aereo non autorizzato, vale a dire combattimento contro altri sistemi, anche *manned* o attacco contro obiettivi difesi, sono ancora lontani dall'essere realmente operativi. Sono ancora necessarie ampie ricerche e sviluppi per aumentare la maturità delle tecnologie chiave.

Technology Trends for Disruption in Medium Term

Autonomous Systems con Manned-Unmanned Teaming (MUMT): nel medio termine proseguirà la standardizzazione e il potenziamento continui di sistemi gestiti da remoto o autonomi: integrazione nello spazio aereo di sistemi a pilotaggio remoto (RPAS), assistenza medica al personale ferito sul campo e/o evacuazione delle vittime (CASEVAC) sotto tiro. L'utilizzo di tali sistemi nelle operazioni aumenterà di pari passo con l'acquisizione di maggiore mobilità, agilità e livelli di intelligenza artificiale, consentendo oltre al controllo autonomo del sistema, di automatizzare il rilevamento delle informazioni e delle anomalie e la fusione dei dati. In questo ambito sono già in discussione aspetti di regolamentazione politica, culturale e sociologica, nonché potenziali implicazioni etiche/legali e vincoli di sicurezza.

3. LA RICERCA TECNOLOGICA E L'INNOVAZIONE

3.1. Il potenziale tecnologico dell'industria italiana al servizio del Paese (a cura di Nicoletta Amodio⁵, Livio Romano⁶)

L'Italia vanta una forte vocazione manifatturiera, che la vede ancora oggi seconda in Europa e settima nel mondo per valore aggiunto prodotto. I dati, aggiornati al 2018, mostrano che il sistema industriale italiano contribuisce per il 2,3 per cento all'*output* manifatturiero globale, un terzo circa del contributo tedesco (6,1 per cento) ma comunque superiore a quello francese (2,1) e britannico (1,9).

La vocazione manifatturiera italiana è sorretta da un sistema produttivo straordinariamente vitale, basato su un modello di imprenditorialità diffusa, fatto di una moltitudine di imprese collocate su punti diversi delle catene di fornitura, le quali hanno nelle economie di specializzazione la loro principale arma competitiva e nelle catene globali del valore

un naturale approdo, tipicamente in una posizione più a monte (ossia come produttori di componentistica e semilavorati) che non a valle (come assemblatore finale⁷). La manifattura italiana è una delle più diversificate al mondo in termini di matrice dell'offerta produttiva e quindi in termini di conoscenze tecnico-produttive accumulate. In particolare, mettendo a confronto l'indice di diversificazione del valore aggiunto settoriale nell'industria per le principali economie avanzate ed emergenti risalta la terza posizione dell'Italia, dietro solo a Cina e USA.

La manifattura italiana non è quindi solo fatta di eccellenze nel settore alimentare, della moda e dell'arredamento, che pure sono un punto di riferimento a livello mondiale tanto da generare ovunque e in modo spesso illecito, il fenomeno dell'*Italian sounding*. I settori tradizionali del *Made in Italy* pesano infatti solo per il 15 per cento dell'*export* complessivo (dato riferito al 2018). La meccanica (esclusi mezzi di trasporto) per il 40 per cento; i macchinari e le apparecchiature industriali da sole per ben il 19 per cento; farmaceutica, chimica, gomma-

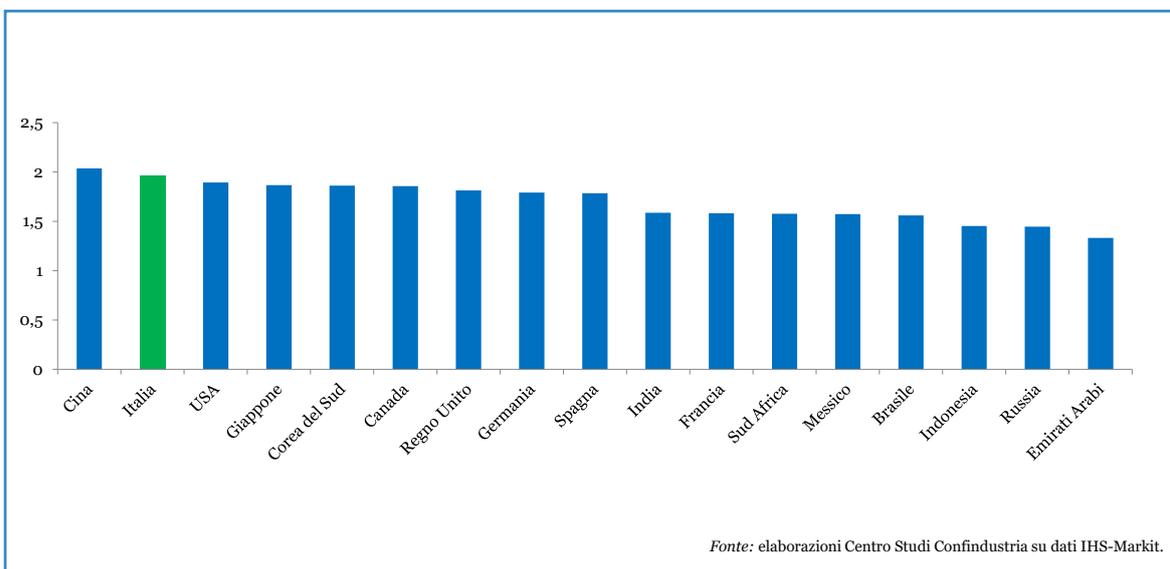


FIG. 17 - DIVERSIFICAZIONE* DEL VALORE AGGIUNTO MANIFATTURIERO (MEDIA 2016-18, \$ CORRENTI)
*reciproco dell'indice di Herfindahl - Hirschman normalizzato

⁵ Confindustria – Area Politiche Industriali, n.amodio@confindustria.it

⁶ Centro Studi Confindustria, l.romano@confindustria.it

⁷ Centro Studi Confindustria, "Come si muove il manifatturiero italiano nelle catene globali del valore, Scenari industriali n. 8, cap. 3, pp. 71-88.

plastica il 17 per cento. Infine, il peso dei mezzi di trasporto è pari al 12 per cento.

Per il dodicesimo anno consecutivo da quando UNCTAD e WTO hanno cominciato la loro indagine l'Italia si conferma il secondo paese più competitivo nel commercio mondiale dopo la Germania. In particolare, secondo il *Trade Performance Index*, gli esportatori italiani sono in vetta alla classifica mondiale per competitività nell'abbigliamento e nel calzaturiero e si collocano al secondo posto, dietro ai tedeschi, nei comparti dei macchinari, delle apparecchiature elettriche e delle componenti elettroniche, al terzo posto nei mezzi di trasporto e nei prodotti manufatti di base, tra gli altri. Complessivamente, su 15 comparti considerati, l'Italia occupa una delle prime cinque posizioni in ben 9 casi.

Questi risultati sono il risultato di una **costante ricerca di innovazioni** di processo e di prodotto da parte delle imprese italiane. In rapporto al valore aggiunto prodotto, gli investimenti fissi lordi nel manifatturiero sono stati dal 2000 a oggi sempre superiori a quelli della Germania e del Regno Unito e su livelli simili a quelli della Francia: in media del 23,6 per cento su tutto il periodo, contro il 19,5 per cento tedesco, il 15,3 per cento inglese e il 24,2 per cento francese. Per la maggioranza delle imprese italiane, **l'innovazione tecnologica non passa**

però attraverso attività formali di ricerca scientifica ma piuttosto attraverso l'acquisto di nuove tecnologie incorporate all'interno di macchinari, attrezzature e software. Se guardiamo infatti al tasso d'investimento in macchinari e attrezzature la differenza rispetto agli altri *partner* europei è abissale. Essi rappresentano il 15,5 per cento del valore aggiunto manifatturiero italiano nella media di periodo (2000-2016), contro il 9,4 per cento tedesco, il 7,1 per cento inglese e il 7,8 per cento francese. Al tempo stesso, a differenza dei nostri *partner* europei, **investiamo molto meno in ricerca e sviluppo** (il 3,3 per cento del valore aggiunto nella media di periodo, contro il 7,8 per cento della Germania, il 4,8 per cento del Regno Unito e il 9,1 per cento della Francia), anche se il **trend in costante crescita** degli ultimi anni (4,6 per cento al 2016), nonostante la crisi, indica chiaramente una **maggiore consapevolezza da parte delle imprese italiane dell'importanza strategica di questa leva competitiva.**

I tanti punti di forza che caratterizzano l'industria italiana non devono indurre a sottovalutare i vincoli strutturali che comunque permangono alla sua crescita. Vincoli che rappresentano altrettanti ambiti di intervento delle politiche industriali, che sono innanzitutto politiche per la ricerca e l'innovazione, dal momento che attraverso la manifattura si attiva il 75 per cento degli investimenti privati in

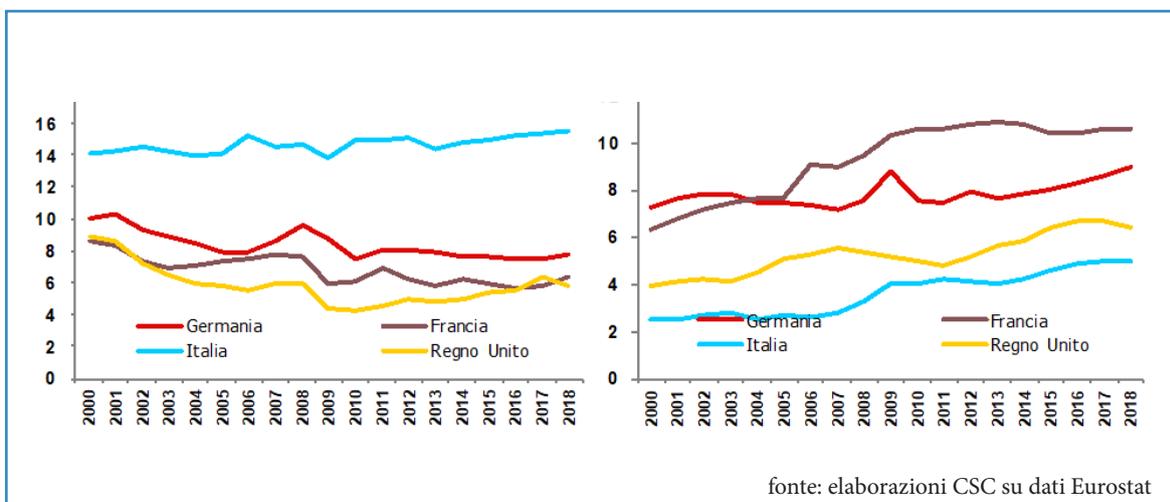


FIG. 18 - TASSO D'INVESTIMENTO DEL MANIFATTURIERO IN NUOVE TECNOLOGIE (% DEL VALORE AGGIUNTO SETTORIALE)

ricerca e sviluppo e oltre il 50 per cento degli investimenti privati in macchinari e attrezzature in Italia. Il sistema industriale italiano è infatti chiamato innanzitutto a **rafforzare la logica di sistema con cui esso opera all'interno delle filiere**, perché i crescenti costi di investimento richiesti alle imprese per rimanere competitive sui mercati e le esternalità positive per il sistema produttivo generate dagli investimenti delle singole imprese impongono un migliore sfruttamento delle potenziali sinergie produttive e commerciali lungo le catene nazionali del valore. Oggi i livelli di coordinamento tra i diversi attori privati e pubblici che le compongono sono estremamente ridotti, anche tra le imprese che hanno avviato attività innovative: la percentuale di esse che lo ha fatto siglando accordi formali di collaborazione con altri soggetti è solo del 14,2 per cento, contro una media nell'Unione Europea del 32,5 per cento. Il ritardo è evidente anche tra le imprese di maggiori dimensioni (con 250 addetti e oltre): 37,3 per cento contro

il 55,5 per cento della media UE.

A mancare, per le imprese italiane, è soprattutto il **contributo del settore pubblico della ricerca**, che è giudicato, anche dai soggetti più evoluti dal punto di vista dei percorsi di innovazione tecnologica avviati, un *partner* quasi mai rilevante ai fini dell'esplorazione e della sperimentazione scientifica a fini industriali⁸.

Avvicinare l'ecosistema della ricerca pubblica e quello dell'innovazione industriale richiede l'adozione di un approccio di co-generazione della conoscenza guidato dai contesti di applicazione e quindi *problem-led*.

La definizione di questi contesti richiede una chiara visione strategica di medio-lungo periodo del Paese che sia coerente con le traiettorie di sviluppo che si vanno definendo a livello europeo, intorno alla quale costruire un piano di investimenti pubblici che possa fungere

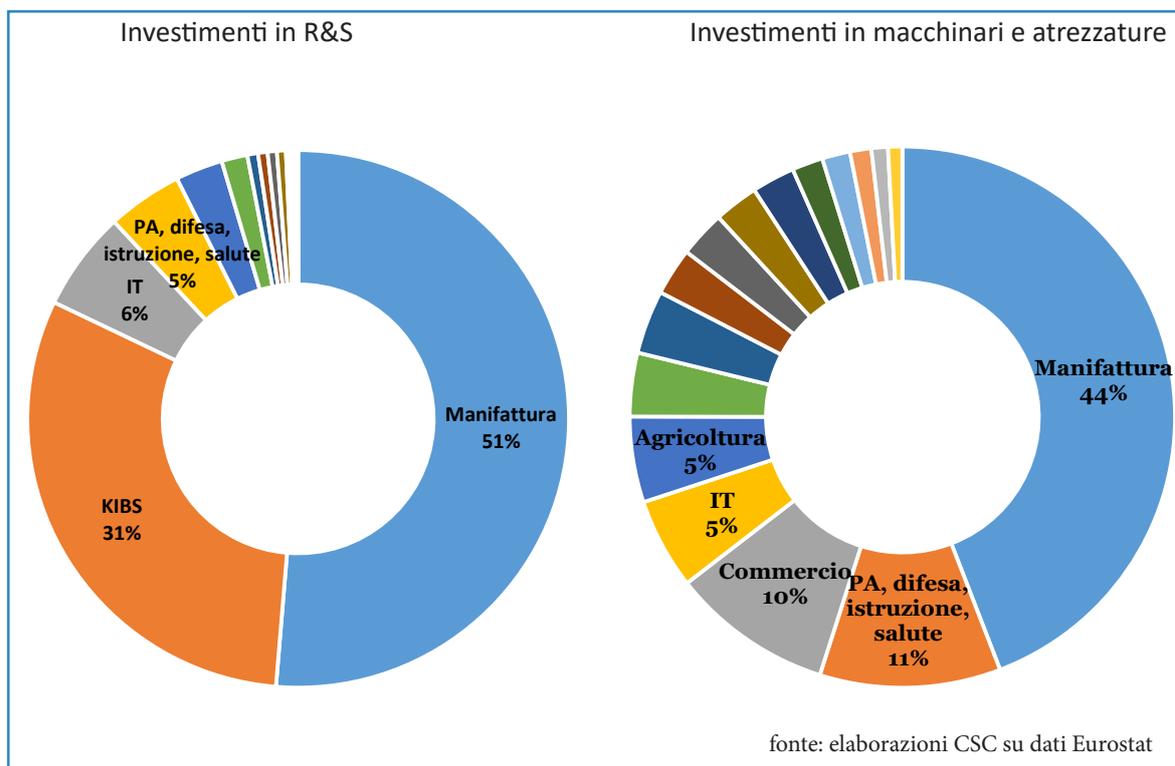


FIG. 19 - QUOTE SETTORIALI DEGLI INVESTIMENTI FISSI LORDI IN ITALIA PER TIPOLOGIA (2017)

⁸ Su questo punto si veda Romano L. (2018), Explaining Growth Differences across Firms: The Interplay between Innovation and Management Practices, JRC Working Papers on Corporate R&D and Innovation n. 3.

da volano per quelli privati, a partire dagli **investimenti in ricerca, sviluppo e innovazione**. Perché la competizione globale non si gioca sul piano delle singole imprese ma su quello delle piattaforme continentali in competizione tra loro per la **leadership tecnologica del prossimo futuro**. Solo sostenendo quindi la continua evoluzione di tutto il sistema economico, facendo crescere le competenze del sistema della ricerca pubblico e privato e soprattutto la capacità di **collaborare con il sistema delle imprese per tradurle in prodotti e servizi innovativi**, sarà possibile vincere queste sfide, garantendo **sviluppo sostenibile e diffuso del Paese**.

Ma non basta definire una strategia, serve anche assicurare rapidità ed efficacia nell'attuazione della stessa e per farlo è importante assicurare una **governance integrata** che preveda:

- un livello di **coordinamento “orizzontale”** tra i Ministeri coinvolti, la rappresentanza delle Regioni, la rappresentanza delle imprese e del sistema della ricerca pubblico;
- un livello di **coordinamento “verticale”**, che comprenda i *cluster* tecnologici, gli esperti del mondo della ricerca e dell'industria e che definisca, per ciascun contesto di applicazione, programmi annuali di lavoro, declinando gli obiettivi previsti dalla strategia e indicando azioni, tempi, risultati attesi e monitorabili.

Sono **tre gli assi principali di intervento** individuati da Confindustria per mettere a sistema, e quindi potenziare, la capacità tecnologica del Paese:

- **rafforzare l'ecosistema italiano della ricerca e dell'innovazione**, promuovendo sistemi di cogenerazione dei “saperi” tra imprese e sistema pubblico, rafforzando la rete dei centri di ricerca misti pubblico-privati e intervenendo sui meccanismi di finanziamento specifici, sostenendo lo **sviluppo dei dottorati industriali e delle start up innovative e ad alto potenziale**; -razionalizzare, potenziare e semplificare

gli **strumenti pubblici a supporto della ricerca e dell'innovazione**, potenziando e rendendo strutturali gli strumenti fiscali, semplificando gli strumenti negoziali e a selezione, potenziando la domanda pubblica innovazione e sviluppando un sistema nazionale di finanza per la ricerca e innovazione;

- attivare **grandi progetti di partenariato pubblico/privato su tematiche prioritarie**, individuate coerentemente con la strategia europea di rilancio industriale e declinate sulla base delle specificità italiane, per rafforzare la capacità di partecipare da protagonisti ai grandi progetti comuni europei. Tali interventi sono fondamentali anche per rendere sempre di più l'Italia protagonista nella definizione e nell'attuazione dei **programmi di Ricerca, Sviluppo e Innovazione europei**.

Accanto alle proposte, Confindustria è attivamente impegnata a favore di una **maggiore coesione del sistema produttivo nazionale attraverso l'organizzazione annuale dell'evento di partenariato industriale Connex**. Costruito intorno a *driver* tematici chiave per la crescita delle imprese (**trasformazione digitale dei processi e dei prodotti, sostenibilità ambientale, salute, città del futuro**), esso ha l'obiettivo di rafforzare l'ecosistema italiano del *business* in una dimensione di integrazione orizzontale e verticale, di contaminazione con il **mondo delle startup e quello della ricerca, dando la possibilità a tutti gli attori attivi all'interno delle diverse filiere**, siano essi imprese, istituzioni pubbliche o private, di **incontrarsi e avviare collaborazioni scientifiche, produttive, commerciali**. Da quest'anno, la *community* si è arricchita della prestigiosa presenza dell'**Esercito Italiano**, che ha deciso di utilizzare la piattaforma di *Connex* per la presentazione della sua campagna di sperimentazione prototipale.

[3.2. L'esperienza di incubatori tecnologici e politiche di sviluppo nazionali: verso nuovi modelli di collaborazione Civile-Militare in Ricerca, Sviluppo e Innovazione \(a cura G. Sechi⁹, PhD\)](#)

L'esigenza di potenziare il sistema di Difesa e Sicurezza e la capacità di generare conoscenza avanzata e integrarla in esso costituiscono, da sempre, i due termini di un binomio che reciprocamente si ispirano e alimentano e che, nella loro proficua interazione, consolidano e rafforzano la tenuta di una comunità sociale. Questo dato di fatto, riscontrabile in ogni epoca storica, sta diventando un tratto peculiare e caratterizzante della società contemporanea, in particolare di quella Europea, per motivi che sono sia di carattere contingente, sia strutturale.

Da un punto di vista contingente, in anni recenti si è assistito a un profondo cambiamento delle coordinate geopolitiche internazionali che ha portato a una rilevanza sempre più centrale e problematica della regione mediterranea. Se, da una parte, i processi innescati dal fenomeno delle "primavere arabe" hanno accelerato in maniera drammatica la necessità di una strategia Europea finalizzata ad affrontare il tema della sicurezza sin dalla sua dimensione più intuitiva e immediata, di presidio territoriale e difesa delle linee di confine, dall'altra, il prepotente affacciarsi in tale area – non per iniziative circoscritte ed estemporanee, ma nel quadro di una vera e propria *Grand Strategy* di proiezione globale¹⁰ – di una superpotenza tecnologica come la Cina ha reso evidente che oggi anche la riflessione sull'efficacia del presidio territoriale deve necessariamente includere ricerca e sviluppo tecnologico come termini ineludibili del ragionamento.

Da un punto di vista più strutturale, in forza del ruolo centrale e imprescindibile che ricerca e sviluppo tecnologico giocano nelle dinamiche del mondo moderno, le società avanzate tendono a configurarsi sempre più come "società della conoscenza", ovvero come società in cui la generazione di conoscenza avanzata e il suo utilizzo pervasivo, investe e trasforma tutti gli ambiti – produttivo, organizzativo e sociale – della vita civile¹¹. Questo fatto è ancor più vero per l'Europa che, sin dal Consiglio Europeo di Lisbona del marzo 2000, ha fatto di questo l'obiettivo primario delle sue politiche di sviluppo, orientando verso di esso i principali programmi strategici¹². Tuttavia, proprio questa caratteristica, che sta diventando distintiva della società Europea, rappresenta nel contempo il suo punto di forza, ma anche quello di maggiore vulnerabilità. In un mondo in cui la conoscenza avanzata estende in maniera vertiginosa e in tempi rapidissimi i propri confini in tutti i domini disciplinari, la generazione di nuova conoscenza diventa essa stessa fattore di rischio, nella misura in cui non si riesce a tenere il passo del suo intrinseco sviluppo¹³.

Da tutto questo segue che, in particolare in questo delicato frangente, l'attività di pianificazione strategica della ricerca non può più essere pensata come un processo autonomo e, per molti versi, autoreferenziale. Al contrario, quale che sia il livello di governo nel quale si svolge – comunitario, nazionale, regionale – essa dovrebbe svilupparsi nel quadro di una più generale e articolata riflessione sulle politiche di Difesa e Sicurezza, delle quali dovrebbe diventare componente organica e strutturale.

⁹ Centro di Ricerca, Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna – CRS4, Responsabile Ricerca Dual Use

¹⁰ Per aver un'idea della vastità di prospettiva aperta dalla Belt and Road Initiative, oltre ai celeberrimi discorsi del Presidente Xi Jinping di Astana e Jakarta del 2013 [5] e [6], si rimanda al magistrale libro di Nadège Rolland [7].

¹¹ Per un inquadramento di tale tematica, si rimanda al rapporto UNESCO del 2005 ad essa dedicato [8].

¹² A conferma di questo si fa riferimento alla rilevanza del programma "Horizon 2020" nel presente ciclo di programmazione in fase di chiusura e quella assunta, nel prossimo ciclo, dall'evoluzione di esso, il programma "Horizon Europe" e dal Digital Europe Programme.

¹³ Si pensi, ad esempio, alle enormi criticità che sta ponendo a tutti i Paesi Europei il ritardo tecnologico sul tema del 5G o all'ingente sforzo normativo ed organizzativo che ha richiesto, sia in chiave comunitaria sia nazionale, la disciplina del tema Cyber Security e la configurazione di assetti utili a fronteggiare i rischi connessi a tale tematica.

Elementi salienti della strategia Europea

Le istituzioni comunitarie e gli Stati Membri si sono effettivamente mossi lungo questa lunghezza d'onda nel percorso che, nel Giugno 2016, ha condotto all'adozione della European Global Strategy (EUGS)¹⁴ e al documento ad essa correlato, l'*Implementation Plan on Security and Defence* (IPSD)¹⁵.

Senza volersi addentrare in una descrizione dettagliata di tale *framework* strategico, è necessario mettere in evidenza che, pur non abbandonando l'idea di creare una forza comune, l'obiettivo primario della strategia Europea sta diventando sempre più lo sviluppo di una comune capacità di Difesa. Questa deve essere perseguita rafforzando i sistemi di Difesa nazionali per mezzo di un generale processo di potenziamento capacitivo, condotto però con un approccio che esalti la collaborazione e l'integrazione. Un approccio in cui gli obiettivi programmatici sono condivisi tra gli Stati Membri e vengono perseguiti attraverso forme di collaborazione tra essi sempre più strutturate e durature, in particolare in materia di ricerca e sviluppo tecnologico¹⁶. L'idea di fondo è quella di mettere assieme risorse, competenze e capacità realizzative per perseguire un'effettiva armonizzazione degli standard tecnologici e pervenire a dotazioni, strumenti, mezzi e assetti che siano realmente comuni ed "Europei".

Appare evidente che, così inquadrata, l'attività di potenziamento capacitivo presuppone, come condizione necessaria per la sua realizzazione, un'imponente azione dedicata a ricerca, sviluppo, *testing* e validazione tecnologica. Questa è stata formalmente introdotta sempre nel 2016 nell'altro documento-chiave ai fini dell'implementazione della strategia, lo *European Defence Action Plan*¹⁷ (EDAP) che,

tra le diverse cose, annuncia l'istituzione dello *European Defence Fund*¹⁸ (EDF), un nuovo strumento finanziario specificamente dedicato a supportare tale azione. Istituito nel 2017, l'EDF è stato configurato, nelle sue diverse articolazioni, per sostenere l'attività di sviluppo capacitivo finanziando progetti lungo l'intera filiera che include ricerca, sviluppo, sperimentazione, fino alla fase di certificazione tecnologica e pre-industrializzazione.

Inquadramento del problema

Il processo di potenziamento capacitivo e la componente di ricerca e sviluppo ad esso associata sono quindi centrali nella prospettiva Europea e inaugurano una nuova fase molto ambiziosa del percorso di integrazione.

In chiave nazionale, appare evidente che il livello di consapevolezza e la serietà con cui tali tematiche verranno affrontate avrà implicazioni tanto sull'aumento degli standard di sicurezza del nostro Paese, quanto sulla sua forza nello stare in Europa con accresciuta autorevolezza. Aspetto anche questo non secondario, nell'ottica di un'efficace tutela della sicurezza e dei legittimi interessi nazionali. Da questo seguono due importanti implicazioni:

- il processo di potenziamento capacitivo non può essere derubricato a mera esigenza della Forza Armata, ma deve essere recepito dall'intera comunità nazionale come una priorità strategica del Paese e, come tale, deve essere accompagnato e supportato;
- in tale prospettiva, il problema che si pone è l'effettiva consapevolezza del mondo della ricerca e dell'innovazione dell'importanza di tale partita per il Paese e la sua disponibilità a definire nuovi modelli di collaborazione con la Difesa,

¹⁴ Si noti che European Global Strategy è la versione abbreviata della Global Strategy for the Foreign and Security Policy of the European Union. Per una visione d'insieme dei suoi punti principali, si rimanda al sito ufficiale [9].

¹⁵ Vd. [10].

¹⁶ Va in questa direzione l'adozione di strumenti come la Permanent and Structured Cooperation – PESCO. Si veda a tal proposito [11] o il sito ufficiale [12].

¹⁷ Si veda [13].

¹⁸ Si veda [14].

funzionali a perseguire con maggiore efficacia gli obiettivi della Forza Armata, massimizzando nel contempo le possibili ricadute di questi nel contesto civile.

Data l'importanza e le caratteristiche – sia contingenti sia strutturali – della nuova fase che si sta aprendo, è nostra convinzione che le forme tradizionali di collaborazione tra Difesa e mondo della ricerca, pur mantenendo la loro validità, debbano essere affiancate da forme di interazione più profonde e “sistemiche”. Forme di collaborazione che partano dal pieno e consapevole coinvolgimento delle istituzioni responsabili delle politiche di ricerca e innovazione su tutti i livelli di governo, per arrivare a una partecipazione continuativa nel tempo degli istituti e centri di ricerca. Questi ultimi dovrebbero contribuire non solo con l'attività meritoria di singoli esperti di settore e dei loro gruppi di lavoro, ma anche agendo da “istituzioni” che, con la loro attività, si fanno carico di contribuire alla Difesa e alla Sicurezza del Paese. Per un istituto o centro di ricerca questo passaggio non è banale perché da una parte presuppone che tali tematiche diventino una componente organica della propria attività, dall'altra implica la necessità di configurare nuovi gruppi di lavoro – se non veri e propri dipartimenti – in grado di interagire continuativamente con la Forza Armata condividendo obiettivi di lavoro, linguaggio, approccio metodologico e, soprattutto, tempi di programmazione. Questo, in particolare, sembra essere uno dei punti di maggiore criticità, dal momento che i tempi che caratterizzano il processo di potenziamento capacitivo sono medio-lunghi¹⁹, mentre le possibilità di pianificazione di un centro di ricerca hanno il più delle volte orizzonti di breve periodo, anche a causa di meccanismi di finanziamento che spesso appaiono obsoleti e inadeguati. Non rientra tra gli scopi di questo contributo affrontare tali tematiche nella loro generalità. Ciò a cui esso ambisce è da una parte introdurre il problema, inquadrandone i termini generali, dall'altra sviluppare alcune

riflessioni sul tema specifico dell'interazione con i sistemi della Ricerca e dell'Innovazione regionali, dal momento che in tale ambito sono stati compiuti passi interessanti che vanno nella direzione sopra indicata e forniscono dei casi di studio suscettibili di ulteriori sviluppi.

¹⁹ Per avere un'idea dell'orizzonte temporale di solito associato ad esso, si veda ad esempio il Future Operating Environment post 2035 [15]

Interazione Difesa–Regioni in materia di ricerca e innovazione

L'interazione tra Difesa e Regioni in materia di ricerca ha avuto un'accelerazione nell'autunno 2013 con l'avvio, da parte dell'Ufficio di Gabinetto del Ministro della Difesa, dell'attività preparatoria in vista della "Seconda Conferenza Nazionale sulle Servitù Militari" (Conferenza), tenutasi nel Giugno 2014.

Lo Stato riconosce alla Difesa la possibilità di utilizzare porzioni di territorio per esigenze e attività necessarie a perseguire con efficacia la propria mission istituzionale (attività di addestramento e sperimentazione, posizionamento presidi e installazioni di sicurezza etc.). Tali porzioni di territorio cadono entro i confini delle regioni e la presenza della Difesa in esse pone restrizioni, spesso molto significative, alle economie locali. Sebbene siano previste forme compensative, il tema delle servitù militari è sempre stato fonte di controversie tra Difesa e regioni. La Conferenza ha introdotto importanti elementi di novità per superare la logica compensativa e avviare una nuova fase di collaborazione sinergica, al fine di trasformare la presenza militare sui territori in vera opportunità di sviluppo. Il punto di partenza è stato una riflessione su due fenomeni distinti che potevano essere portati a convergere. Da una parte ci si è mossi dalla constatazione che la Forza Armata si trovava in una fase di evoluzione e profonda innovazione la quale, per molteplici ragioni, avrebbe avuto tratti marcatamente scientifico-tecnologici²⁰. Dall'altra si è preso atto della ricchezza non pienamente espressa da parte dei Sistemi Regionali della Ricerca e dell'Innovazione (SRRRI)²¹. Nel corso degli anni, con l'intento di supportare l'innovazione dei propri sistemi produttivi, le regioni hanno fatto importanti investimenti in piattaforme tecnologiche, dotazioni, consolidamento di aree di competenza e, talvolta, in vere e proprie istituzioni

di ricerca. Molte di queste son diventate nel tempo realtà di eccellenza e, pur avendo acquisito autorevolezza e spazi di operatività che andavano ben al di là dei confini regionali, son rimaste confinate entro un livello programmatico regionale.

La Conferenza ha cercato di portare a convergere questi due fenomeni introducendo un nuovo schema di collaborazione fra Difesa e Regioni, funzionale a generare sinergie strategiche in materia di ricerca e innovazione. Tale schema si basava sull'individuazione e condivisione di comuni linee programmatiche e cercava di favorire un graduale allineamento e messa a sistema tanto degli *asset* materiali, (piattaforme tecnologiche, strumentazioni etc.), quanto degli *asset* immateriali (competenze, strumenti finanziari etc.) al fine di perseguire con maggiore efficacia obiettivi comuni e assetti di lavoro stabili e di lungo periodo. In tal modo il processo di innovazione della Forza Armata avrebbe tratto beneficio dal supporto dei SRRRI, favorendo nel contempo una loro crescita generale. La Conferenza prevedeva che tale schema venisse testato su tre regioni pilota: Puglia, Friuli–Venezia Giulia e Sardegna. Il percorso da esse sviluppato è stato diverso, sia come tempistica sia come approccio generale. Già in occasione della Conferenza, Puglia e Friuli hanno firmato un Protocollo d'Intesa di carattere generale e, successivamente, uno specifico Accordo in cui si stabilivano progettualità di ricerca di comune interesse. La Sardegna invece, a causa di una situazione di contesto molto diversa dovuta all'ingente presenza di servitù militari e alla complessità delle tematiche ad esse correlate, a partire dalla Conferenza ha sviluppato uno specifico ed articolato confronto negoziale con il Ministero della Difesa, durato diversi anni, lungo la linea di riflessione che descriveremo di seguito. È degno di nota rilevare due cose in merito alla prospettiva introdotta dalla Conferenza. La prima

²⁰ Per un inquadramento del momento di evoluzione della Forza Armata e una riflessione articolata su di esso, si rimanda al Libro Bianco per la sicurezza internazionale e della Difesa [16].

²¹ Per le finalità del presente contributo con l'espressione "Sistema Regionale della Ricerca e dell'Innovazione" intendiamo l'insieme delle istituzioni di ricerca e delle dotazioni infrastrutturali e tecnologiche che abilitano all'attività di ricerca, sviluppo e sperimentazione che insistono su un dato territorio regionale, le quali, anche nel caso in cui non rientrino nel possesso della regione di ubicazione, rappresentano però, con le loro aree di competenza ed operatività scientifica, degli elementi di "specificità" di quel dato contesto territoriale e, come tali, possono orientare le politiche regionali in materia di innovazione secondo lo schema della Smart Specialisation Strategy, di cui diremo di seguito.

è la sua perfetta coerenza con il nuovo approccio alla pianificazione delle politiche di innovazione Europee, della *Smart Specialisation Strategy*²².

La seconda è che, pur precedendo di circa due anni l'accelerazione al processo di implementazione della EUGS avvenuta nel 2016, essa fornisce con largo anticipo un approccio efficace per rispondere ad alcune criticità correlate a tale processo, che abbiamo in parte evidenziato di sopra. Sviluppiamo più in dettaglio queste considerazioni.

L'allineamento degli obiettivi di indirizzo strategico tra i due livelli di governo – regionale e livello di governo centrale della Difesa – e il conseguente orientamento degli *asset* locali materiali e immateriali a supporto di tali obiettivi è a tutti gli effetti un processo di “specializzazione intelligente”. Un processo in questo caso reale e concreto perché orienta l'attività programmatica dei due livelli di governo verso obiettivi di chiara rilevanza generale, in quanto organici alle esigenze e alle strategie di sicurezza del Paese²³. Questo approccio condiziona inevitabilmente il processo di pianificazione strategica regionale in materia di ricerca e innovazione, rendendolo coerente con il quadro generale delle politiche di Difesa e Sicurezza nazionali e permette di schivare il rischio di autoreferenzialità di tale processo che avevamo segnalato in apertura.

La possibilità di ricondurre, anche se solo

parzialmente, le interazioni Difesa–Regioni nel quadro della Strategia di Specializzazione Intelligente presenta un ulteriore, duplice vantaggio: accresce le possibilità di finanziamento delle iniziative condivise; consente una piena valorizzazione di esse tanto nella loro dimensione militare, quanto civile²⁴. Tale prospettiva, adeguatamente strutturata, favorisce un processo di “clusterizzazione” degli *asset* materiali e immateriali sul livello locale e l'avvio di collaborazioni continuative civili–militari in materia di ricerca e sviluppo. Questo rappresenta a tutti gli effetti un processo win–win perché da una parte permette alla Difesa di trovare nei territori regionali un solido supporto di infrastrutture e competenze, funzionale ad accompagnare il proprio processo di sviluppo capacitivo; dall'altra permette al potenziale inespresso dei sistemi regionali della ricerca e dell'innovazione di ancorare la propria attività al principale driver di innovazione sistemica del Paese, da una parte massimizzando i benefici e le ricadute in ambito civile²⁵; dall'altra, sempre nella logica della specializzazione intelligente, propiziando un percorso di maturazione e graduale posizionamento della propria attività in una dimensione strategica non più regionale, ma nazionale.

Il coinvolgimento pieno delle regioni, almeno in linea di principio, fornisce alla Difesa una controparte istituzionale di adeguato peso specifico, con la quale contrarre impegni su un orizzonte temporale medio-lungo. Da una parte,

²² Per una definizione formale facciamo riferimento all'Art. 2.3 del Regolamento UE N. 1303/2013 del Parlamento Europeo che definisce la Strategia di Specializzazione Intelligente come: “le strategie di innovazione nazionali o regionali che definiscono le priorità allo scopo di creare un vantaggio competitivo sviluppando i loro punti di forza in materia di ricerca e innovazione e accordandoli alle esigenze imprenditoriali, al fine di rispondere alle opportunità emergenti e gli sviluppi del mercato in modo coerente, evitando nel contempo la duplicazione e la frammentazione degli sforzi; una “strategia di specializzazione intelligente” può assumere la forma di un quadro politico strategico per la ricerca e l'innovazione (R&I) nazionale o regionale o esservi inclusa”. Per un inquadramento della genesi e dei primi sviluppi del concetto su un piano più strettamente accademico, si veda [17], mentre per inquadramento di esso in relazione alle politiche industriali e alle politiche di ricerca e innovazione Europee, si vedano [18] e [19]. In particolare, quest'ultimo documento è di particolare interesse perché, in linea con le presenti considerazioni, analizza come le (buone) politiche regionali possono rafforzare il framework generale Europeo delle politiche di ricerca e innovazione.

²³ La scrittura della Smart Specialization Strategy regionale presenta il rischio, talvolta, di avere il carattere un po' artificioso di un “esercizio di stile” di tipo accademico. Questo avviene quando manca un'adeguata e approfondita riflessione sull'allineamento delle specificità regionali verso obiettivi di sviluppo che siano concreti e realistici e forniscano un valore aggiunto anche nel quadro di una strategia di livello nazionale.

²⁴ Un utile riferimento, per comprendere quanto possa essere importante a livello sistemico un approccio “duale” all'attività di sviluppo tecnologico è dato dal Rapporto 2018 di Italiadecide [21].

²⁵ Per avere un'idea dell'impatto benefico che può avere sull'economia di un Paese, oltre che sul suo sistema di ricerca ed innovazione, uno strutturato e sistematico trasferimento di competenze dal militare al civile, si rimanda all'interessantissimo saggio di Fontenay e Carmel [22].

questo può aiutare a configurare strategie di ricerca e innovazione regionali effettivamente allineate sull'orizzonte temporale dello sviluppo capacitivo, consentendo alle istituzioni di ricerca coinvolte una pianificazione più efficace della propria attività. Dall'altra facilita l'integrazione in tali strategie di progettualità di valenza sistemica, cosa questa che potrebbe migliorare la capacità di spesa delle risorse comunitarie da parte delle regioni²⁶.

Approccio della Sardegna

Tra gli elementi di contesto più significativi della Sardegna c'è la presenza di alcuni tra i più importanti poligoni nazionali, (fatto che ha generato costanti tensioni tra regione e ministero). Le attività primarie che si svolgono in poligono sono principalmente di due tipi: addestrative e sperimentali. In forza del cambio di paradigma impresso dalla digitalizzazione dei dati, tali attività stanno evolvendo, adottando in maniera sempre più strutturata nuove soluzioni e metodi basati su tecnologie di simulazione, virtualizzazione e modellizzazione. Di conseguenza evolve anche il ruolo dei poligoni, i quali, pur mantenendo la funzione tradizionale, tendono a configurarsi sempre più come dei generatori di *big data* e veri e propri "laboratori a cielo aperto".

Muovendo da tale considerazione e man mano che in sede Europea veniva portato avanti il percorso di implementazione della EUGS e introdotti nuovi strumenti come l'EDF, nelle istituzioni regionali è maturata la convinzione che il confronto con la Difesa dovesse convergere verso il processo di clusterizzazione degli *asset* locali illustrato di sopra. Più precisamente, esso avrebbe dovuto favorire un'evoluzione "duale" dei poligoni, ovvero la loro messa a sistema con le piattaforme tecnologiche del sistema regionale della ricerca, costituendo così il perno su cui configurare un ecosistema locale della

ricerca e dell'innovazione civile-militare che fosse: a) funzionale alle esigenze di sviluppo capacitivo della Forza Armata; b) ottimale per le attività di trasferimento scientifico e tecnologico in contesto civile; c) in grado di agire come attrattore dell'imponente attività di sperimentazione tecnologica finanziata dall'EDF²⁷.

In vista di tale obiettivo, dopo la firma del Protocollo d'Intesa, la Regione Sardegna ha dato formale mandato al suo centro di ricerca, il CRS4 – Centro di Ricerca, Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna – di avviare una nuova area interamente dedicata alle interazioni con la Difesa, agendo da supporto tecnico-scientifico all'Amministrazione regionale e come elemento



FIG. 20 - ATTIVITÀ ADDESTRATIVA PRESSO IL POLIGONO DI CAPO TEULADA

di raccordo tra le controparti tecniche della Difesa e i diversi attori del SRRI.

La scelta del CRS4 per tale ruolo non era dettata solo da ragioni legate agli assetti organizzativi della ricerca regionale, ma anche e soprattutto da ragioni di complementarietà scientifica e funzionale. Fondato nel 1990 dal Premio Nobel per la Fisica Carlo Rubbia e dal suo braccio destro, Paolo Zanella, (allora Direttore

²⁶ Anche in questo caso si rilevano due fenomeni simmetrici: la grande capacità dell'amministrazione Difesa di raggiungere i propri obiettivi di spesa a cui si contrappone la cronica difficoltà da parte di alcune regioni di spendere interamente le risorse comunitarie potenzialmente disponibili. Questo fatto è in gran parte riconducibile alle difficoltà sul livello regionale di pianificare, implementare e gestire progettualità di grande portata. In tal senso, un approccio sinergico che porti a configurare sul livello regionale ambiziose iniziative progettuali di chiara impronta "duale", ovvero che contemplino le esigenze della Forza Armata con quelle del contesto civile, permetterebbe di aggregare, con maggiori possibilità di successo, risorse che altrimenti andrebbero disperse.

della Divisione *Computing* del CERN e in anni successivi primo direttore dello *European Bioinformatics Institute di Cambridge*), il CRS4 è un centro di ricerca e trasferimento tecnologico che combina importanti dotazioni e piattaforme proprietarie con solide competenze nel calcolo ad alte prestazioni, informatica avanzata e nelle discipline computazionali. A partire da questo nucleo centrale, di competenze e infrastrutture, le attività vengono declinate con approccio multidisciplinare in un ampio spettro di domini scientifici che spaziano dal *visual computing*, al *modelling and simulation*, al *data fusion*, alle bioscienze, alla geofisica computazionale etc. e a supporto dei processi di trasferimento tecnologico nel tessuto economico locale. Per tali ragioni il Centro ha sempre avuto la funzione di fulcro del SRR1 della Sardegna e di “piattaforma abilitante” a supporto tanto delle altre istituzioni di ricerca che operano nel territorio quanto delle imprese innovative e delle *start-up* tecnologiche. In particolare, esso opera con grande efficacia in ambiti in cui giocano un ruolo centrale la digitalizzazione dei dati; la raccolta, integrazione e gestione di grandi moli di dati; lo sviluppo di tecnologie e metodi di analisi, visualizzazione e interpretazione anche predittiva di essi.

Esiste quindi una complementarità naturale tra il profilo scientifico del CRS4 e la linea di evoluzione dei poligoni descritta di sopra che, unita all’esperienza consolidata del Centro come “piattaforma abilitante” per attività di ricerca e trasferimento tecnologico, lo rende potenzialmente idoneo ad agire come principale controparte tecnica territoriale della Difesa, nella prospettiva sopra descritta.

Sviluppi successivi

Non appena reso operativo tale mandato, il CRS4 ha fissato come principale obiettivo quello di creare un forte rapporto di collaborazione con l’Esercito, al fine di poter verificare con esso le idee sopra esposte sul Centro Addestramento Tattico – CAT – di Capo Teulada, per poi eventualmente estenderle anche agli altri siti addestrativi e sperimentali presenti sul territorio regionale. In tale prospettiva si è

consolidata l’interazione in particolare con il Comando Regionale Esercito e con il III Reparto “Pianificazione Generale” dello Stato Maggiore Esercito. Con essi si è portato avanti un articolato lavoro di studio, analisi e verifica delle idee sopra illustrate, valutazione delle dotazioni infrastrutturali, approfondimento dei rispettivi orizzonti programmatici e del diverso approccio su tematiche di comune interesse. Questo lavoro, ancora in itinere, sta consentendo di definire aree tematiche e obiettivi realistici su cui avviare la collaborazione scientifica; ma anche di capire le linee di sviluppo più promettenti per dare a tale collaborazione un orizzonte di medio–lungo periodo. In tale prospettiva è emerso che il Centro potrebbe specializzarsi e collaborare proficuamente con il III Reparto dello Stato Maggiore dell’Esercito nell’attività di definizione e sperimentazione di nuovi concetti operativi, contribuendo sia alla fase di vera e propria concettualizzazione (con attività di *scouting e forecasting* tecnologico, di studio, progettazione e verifica delle condizioni di fattibilità di un dato concetto, di ricerca e sviluppo prototipi), che alla fase di implementazione di una campagna di sperimentazione (dove potrebbe contribuire all’attività di configurazione e gestione del *network* scientifico e industriale nonché all’implementazione delle attività sperimentali, per le quali potrebbe fornire il supporto delle proprie piattaforme proprietarie, oltre che un supporto organizzativo-gestionale in senso lato). Un secondo ambito in cui si intravede spazio per una collaborazione proficua, è quello della formazione tecnica del personale militare (ma anche civile, come personale della Protezione Civile, del Corpo Forestale etc.). Data la relativa contiguità logistica tra il CAT di Capo Teulada e l’incubatore tecnologico di Pula dove il CRS4 ha sede, uno dei risultati a cui potrebbe condurre il processo di *clusterizzazione* sopra descritto è quello di configurare un contesto logistico ottimale per curare la formazione degli operatori militari, coprendo una lunga filiera che va dall’attività addestrativa in poligono, alla formazione tecnico-scientifica per la quale si rende necessaria una forte esposizione all’uso di piattaforme e dotazioni tecnologiche. L’attività sopra descritta ha permesso di definire

delle ipotesi di lavoro realistiche di cui sono state già verificate l'utilità, la necessità e, almeno in via preliminare, la fattibilità. Ciò che manca, affinché queste diventino concrete linee di azione, è che il decisore politico regionale dia compimento ad alcuni passaggi formali previsti dal processo di implementazione del Protocollo d'Intesa.

Il mutato quadro della sicurezza internazionale e la strategia Europea di Difesa e Sicurezza pongono al centro la questione della creazione di nuova capacità di Difesa. Questa reca con sé un'imponente attività di ricerca, sviluppo e sperimentazione tecnologica per supportare la quale sono stati introdotti nuovi e ingenti strumenti finanziari in Europa. Data la sua rilevanza, il processo di sviluppo capacitivo non può essere derubricato ad esigenza della sola Forza Armata, ma va inquadrato come priorità strategica del Paese. Come tale, esso chiama alla definizione di nuovi modelli di collaborazione civile-militare in materia di ricerca e sviluppo che siano strutturate e sistemiche e, di conseguenza, a una piena partecipazione e assunzione di responsabilità da parte delle istituzioni che gestiscono le politiche di ricerca e innovazione sui diversi livelli di governo. In tal senso, passi significativi sono stati compiuti nell'interazione con i Sistemi Regionali della Ricerca e Innovazione, con l'attività avviata dalla Seconda Conferenza Nazionale sulle Servitù Militari. In particolare, in Sardegna si sta portando avanti un importante processo di *clusterizzazione* finalizzato alla creazione di un ecosistema locale della ricerca e dell'innovazione civile-militare che integri in esso anche i poligoni militari.

Questo processo rappresenta un interessante caso di studio perché tende a creare un "perno locale" di competenze e infrastrutture a ridosso dei luoghi deputati all'attività addestrativa e sperimentale che, una volta ultimato; a) può essere di supporto alla Forza Armata nel suo processo di potenziamento capacitivo; b) può rafforzare l'evoluzione dei poligoni esaltandone il loro potenziale in chiave scientifico-tecnologica e, quindi, senza nulla perdere della funzione tradizionale, favorire un loro più ampio utilizzo

anche in ambito civile; c) può rappresentare un naturale attrattore dell'imponente attività di sperimentazione tecnologica che verrà finanziata in chiave Europea nel nuovo ciclo di programmazione comunitaria.

Esso, inoltre, sarebbe facilmente "scalabile" e replicabile con modalità simili anche nelle altre regioni caratterizzate da una marcata presenza e attività militare. In tal modo si potrebbe creare una rete di regioni e istituzioni di ricerca operanti in esse, che attivamente e convintamente supportano il processo di evoluzione e potenziamento della Forza Armata, contribuendo in tal modo a rafforzare la sicurezza del Paese. Oltre che efficace sul piano pratico, questo impegno collettivo rappresenterebbe un esempio fulgido di quell' "*idem sentire de Re Publica*" che, nella moderna società della conoscenza, passa necessariamente per una collaborazione in materia di ricerca più forte, strutturata e condivisa tra componente civile e militare.

[3.3. Le iniziative di LEONARDO per l'innovazione tecnologica \(a cura LEONARDO\)](#)

I tempi sempre più rapidi per l'evoluzione delle tecnologie rendono sempre più importante anticipare l'innovazione per continuare a garantire l'offerta di prodotti competitivi. Leonardo ha avviato un duplice approccio basato su "innovazione guidata dalla domanda" e "innovazione che genera nuova domanda".

Consapevoli che azioni di questo tipo sono possibili solo con importanti programmi di ricerca e sviluppo applicati a settori strategici di massima priorità per il futuro dell'Azienda, Leonardo come campione europeo per l'Aeronautica, Spazio e Difesa si propone in primissima fila per definire insieme alle F.A. italiane, suoi Clienti istituzionali, il migliore compromesso tra le esigenze a breve e medio termine connesse alla *roadmap* dei prodotti attuali e la visione a lungo termine del Paese.

Il primo compito implica l'identificazione di nuove tecnologie abilitanti utili per aggiornare

i prodotti e mitigare la loro obsolescenza naturale. La visione a lungo termine invece richiede un'azione previsionale e investimenti in ricerca e sviluppo ad alto rischio (ora ancora a basso TRL), per sviluppare nuove tecnologie per prodotti futuri, tecnologie che potrebbero non essere ancora state avvistate dal Cliente ma che comunque potrebbero essere più efficaci se concordate con il Cliente.

Infatti, il ritorno di tali investimenti sui nuovi prodotti può essere marginale a breve termine, ma per assumere a lungo termine dimensioni decisamente discriminanti non solo per la profittabilità dell'azienda ma anche per competitività delle F.A. nei rispettivi teatri di operazione. Inoltre, alcune delle tecnologie all'avanguardia che Leonardo mira a introdurre potrebbero anche avere un impatto nel medio termine sull'attuale ingegneria dei prodotti.

È questo il caso della digitalizzazione evoluta, dell'analisi dei big data, della resilienza *cyber* dei prodotti, della progettazione mediante nuovi metodi di elaborazione, che potrebbe generare ulteriori miglioramenti significativi delle prestazioni e dell'affidabilità, anche a fronte di una riduzione dei costi totali di possesso da parte del Cliente.

Leonardo si fa quindi promotore di una iniezione di innovazione a diversi livelli, dall'ottimizzazione "graduale" al cambiamento "dirompente", contribuendo a una visione moderna e stimolante per tutto il Sistema Paese.

Per fare ciò, Leonardo propone una duplice strategia per garantire:

- sviluppo incrementale del *know-how* e dei prodotti attuali di maggiore interesse per il Cliente;
- innovazione per prodotti futuri e mercati competitivi nel quadro di una visione di sostenibilità a lungo termine.

Il primo obiettivo sarà raggiunto attraverso:

- la valutazione e la riorganizzazione della rete di sviluppi R&D esternalizzate,
- il rafforzamento della strategia sulla

proprietà intellettuale (PI),

- la scelta e lo sviluppo di tecnologie abilitanti necessarie per mantenere competitivi gli attuali prodotti di maggiore priorità per il Cliente,
- l'accelerazione della digitalizzazione dell'Ingegneria.

Il secondo obiettivo richiede un approccio visionario per prevedere tecnologie emergenti utili per i futuri prodotti Leonardo e relativi piani di sviluppo. I programmi trasversali tra prodotti ad alto rischio e alto rendimento devono essere identificati e sviluppati per accelerare il contributo di Leonardo all'innovazione dei settori Aeronautica, Spazio e Difesa nel prossimo decennio. Leonardo ha già avviato la creazione di un'infrastruttura di ricerca aziendale (*Leonardo Labs*) dedicata allo sviluppo dei programmi trasversali e all'innovazione per i mercati futuri, un piano generale di sostenibilità per il periodo 2020-2030, che prepara Leonardo e le F.A. alle future sfide di sostenibilità globale stabilite dal *New Green Deal* europeo e dagli Obiettivi di sostenibilità delle Nazioni Unite.

I Laboratori di Leonardo (L2) hanno l'obiettivo di esplorare nuove tecnologie che possano essere fondamentali per il futuro e, dopo adeguata validazione, possano guidare gli sviluppi dei nuovi prodotti. Gli L2 sono oggi l'investimento necessario per alimentare il vantaggio competitivo non solo di Leonardo, ma anche del Cliente che si sarà affiancato a Leonardo in questo cammino, anticipando le scelte delle altre aziende nei mercati di Aerospazio, Difesa e Sicurezza e quindi le disponibilità delle altre F.A..

Per massimizzare la propria efficienza, Leonardo ha sviluppato contratti innovativi per attrarre il personale maggiormente qualificato in ambito internazionale, seguendo il modello dei "compagni di ricerca" adottato dalle migliori infrastrutture di ricerca in tutto il mondo, con il beneficio ulteriore di una immediata connessione con l'ingegneria aziendale e quindi validazione delle tecnologie.

Leonardo ha ingaggiato con contratti di 5 anni soprattutto giovani ricercatori *post-doc*, strettamente orientati alle attività *target*, ponendoli sotto la supervisione di un piccolo

numero di esperti di alto livello. In questo modo è stato stabilito un flusso continuo in entrata e in uscita di talenti altamente qualificati e aggiornati garantendo flessibilità, capacità di adattamento e costante aggiornamento delle tecnologie del futuro.

Ad oggi, tenendo conto della corrente evoluzione tecnologica nei domini in cui opera Leonardo, sono stati identificati i seguenti programmi per la prima fase:

- *High performing computing & simulations*
- *Big data analysis*
- Intelligenza artificiale
- Tecnologie quantistiche e crittografia
- Elettificazione del volo
- Materiali e strutture avanzate
- Sistemi autonomi intelligenti

Nella sua interezza, il piano di Leonardo per l'Innovazione è nato da un'attenta valutazione di priorità e criteri, trovando il migliore compromesso tra le esigenze di competitività industriale e la tabella di marcia per la sostenibilità a lungo termine dettata dalle Nazioni Unite, attraverso gli Obiettivi di sostenibilità globale e dalla recente Nuova Europa *Green Deal* (EGD). A tal fine, sono stati identificati 10 gruppi di azioni da sviluppare nei prossimi anni:

1. Ricerca e innovazione,
2. Efficienza energetica ed industriale,
3. Economia circolare,
4. Mobilità e sistemi per la sicurezza,
5. Monitoraggio della Terra, ripristino dell'ecosistema e risposta alle emergenze,
6. Impegni sociali,
7. Cittadinanza scientifica,
8. Etica aziendale e diritti umani,
9. Catena di approvvigionamento,
10. Gestione ambientale.

Una riflessione aggiuntiva è necessaria considerando la posizione di Leonardo come industria nella Comunità Europea e delle nostre Forze Armate nel quadro delle forze di coalizione europee, in contrasto agli interessi di altri attori,

forse con maggiori capacità di spesa e sicuramente con maggiore coordinamento di azione. Infatti, considerando che nel 2019 la somma delle spese in Difesa dei paesi europei ha superato i 250 miliardi di USD, l'Europa, se fosse un singolo paese, sarebbe il terzo al mondo per spesa dichiarata in Difesa, dopo gli Stati Uniti (732) e Cina (261), e prima di India (71) e Russia (65)²⁷. Anche 1.8 milioni di militari in Europa sono in realtà più numerosi di 1.3 milioni di truppe americane²⁸. Purtroppo la stessa Commissione europea ritiene che la mancanza di cooperazione tra gli Stati membri abbia un costo annuo compreso tra 25 e 100 miliardi di euro (28-111 miliardi di dollari), vale a dire tra il 9% e il 36% di tutte le spese militari europee. L'investimento per soldato per i paesi dell'UE potrebbe essere solo un quarto di quello negli Stati Uniti, ma la frammentazione delle attività di ricerca e sviluppo, così come di approvvigionamento, operazioni e manutenzione rende il conto molto più salato e i risultati non in linea con gli altri grandi attori sul piano internazionale. Ad esempio, i 20 diversi tipi di aerei da combattimento e 17 principali modelli di carri armati in Europa si confrontano rispettivamente con i quattro e uno negli Stati Uniti²⁹. In aggiunta, la varietà dei diversi sistemi in Europa non è solo un costo aggiuntivo, ma anche un ostacolo per la loro interoperabilità. Se i programmi PESCO, EDF e CARD sono stati orientati, almeno in parte, ad affrontare questo problema, il sistema Italia deve assolutamente confrontarsi con un *trend* di specializzazione delle competenze che non può non partire dalla innovazione tecnologica, soprattutto in quelle aree che Leonardo e le Forze Armate italiane ritengono prioritarie.

²⁷ Vedi "Trends in world military expenditure, 2019" https://www.sipri.org/sites/default/files/2020-04/fs_2020_04_milex_0_0.pdf.

²⁸ The Military Balance, London: International Institute for Strategic Studies, 2018.

²⁹ <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34509>.

4. LE TECNOLOGIE ABILITANTI ALL'ORIZZONTE 2035 AI FINI DI FUTURI SVILUPPI CAPACITIVI

[4.1. Sistemi collettivi per sintetizzare cyber-fisici come sciami e robot e cognitive radio networks: Consiglio Nazionale delle Ricerche \(a cura Prof. Vito Trianni, l'Istituto di Scienza e Tecnologie della Cognizione del CNR\)](#)

Ad oggi il *trend*, come si è visto finora, è principalmente incentrato su robot di tipo "monolitico", ovvero robot singoli, spesso complessi dal punto di vista elettro-meccanico, concepiti per compiere un numero limitato di compiti ma con un'alta efficienza. Lo sviluppo di sistemi robotici di questo tipo è tanto più complesso tanto più l'ambiente di lavoro è variabile e poco strutturato. Il limite principale dell'approccio monolitico è la mancanza di robustezza intrinseca, in quanto anche il danneggiamento di pochi sotto-sistemi può portare al fallimento dell'intera missione. Per ovviare al problema, è necessaria un'attenta progettazione che possa prevenire e gestire possibili guasti o situazioni pericolose. Un esempio lampante è rappresentato dai due *rover* della NASA, *Spirit* e *Opportunity*, che hanno esplorato Marte per un lungo periodo grazie a un'eccellente progettazione iniziale. Questi robot si sono rivelati molto efficienti: in

particolare, *Opportunity* ha operato su Marte per ben 14 anni, percorrendo quasi 50Km e inviando sulla Terra una quantità di dati dal valore inestimabile, ben oltre le aspettative iniziali. Il secondo rover, *Spirit*, ha avuto meno fortuna, limitandosi ad operare per "soli" 6 anni, perché durante il corso della missione si è arenato e non è stato possibile riportarlo in condizioni operative normali. Se la missione fosse stata progettata permettendo la collaborazione tra rover, nella fattispecie utilizzando *Opportunity* anche per prestare soccorso, la missione di *Spirit* avrebbe potuto continuare per molto più tempo. Nella sua semplicità, questo esempio rappresenta bene la filosofia che caratterizza la "**robotica di sciame**" (*swarm robotics*): l'utilizzo di sistemi *multi-robot* a controllo decentralizzato capaci di affrontare missioni complesse grazie alla auto-organizzazione e alla collaborazione. In questo tipo di sistemi, ogni *robot* è autonomo e interagisce con gli altri *robot* per eseguire i compiti assegnati. Inoltre, il sistema è composto da una moltitudine di *robot* intercambiabili tra loro, senza alcun elemento che centralizzi funzioni specifiche. Di conseguenza, è un sistema intrinsecamente robusto, poiché il malfunzionamento di qualche componente non inficia la capacità di portare a termine la missione da parte del gruppo.

L'idea alla base della robotica di sciame è di utilizzare dei *robot* capaci di comportamenti relativamente semplici, e quindi con costi di produzione bassi, sfruttando la collaborazione tra *robot* per eseguire compiti complessi da parte del gruppo. Un esempio lampante di come ciò sia possibile deriva dalla biologia, e, in particolare, dall'osservazione e lo studio del comportamento di animali eusociali



FIG. 21 - PERSONALE IN ADDESTRAMENTO IMPIEGA SISTEMI DI COMANDO E CONTROLLO DIGITALIZZATI

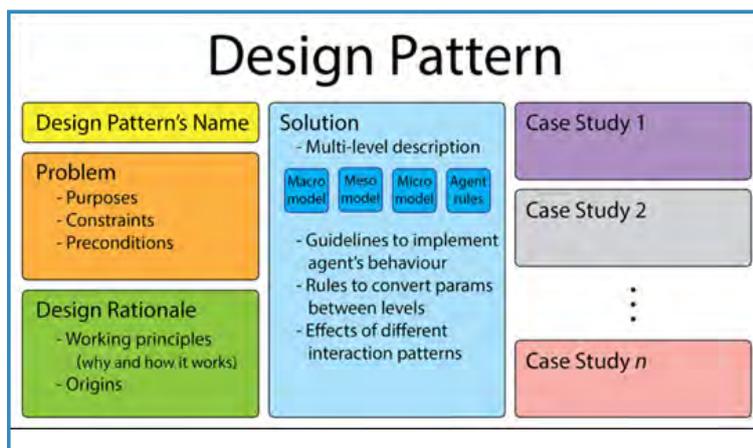


FIG. 22 - SVILUPPO DI UN DESIGN PATTERN

come le api o le formiche. Ad esempio, nonostante la limitatezza delle capacità di ogni singolo insetto, le colonie di api riescono a prendere decisioni complesse come l'identificazione del migliore sito dove costruire un nido o la migliore allocazione delle operaie nei vari compiti da svolgere. Dal canto loro, le formiche riescono a trovare il percorso ottimale tra il nido e una fonte di cibo, e costruiscono strutture sotterranee estremamente estese capaci di garantire lo scambio di ossigeno con l'esterno anche a svariati metri di profondità. Se dei piccoli insetti riescono a compiere operazioni tanto complicate grazie alla collaborazione, allora ci si aspetta che anche dei robot semplici, se opportunamente progettati, possano affrontare missioni complesse sfruttando auto-organizzazione e cooperazione.

Partendo dall'osservazione e dallo studio di sistemi biologici, negli ultimi vent'anni la robotica di sciame ha fatto dei progressi enormi, riuscendo a dimostrare la possibilità di coordinare il comportamento di centinaia di robot per compiti complessi come la ricerca e recupero di materiale, la costruzione di strutture fisiche, il monitoraggio e l'identificazione di obiettivi in aree molto vaste, e molto altro. La maggiore sfida nella progettazione di sciame di robot risiede nella difficoltà di definire le regole di funzionamento di ogni singolo individuo in modo da ottenere un comportamento

desiderato a livello di gruppo. Dato l'alto numero di robot coinvolti e la frequente interazione tra loro, è molto difficile prevedere quale sia il comportamento macroscopico — osservato a livello di sistema — risultante da comportamenti e interazioni microscopiche — eseguite a livello dei singoli individui. Questo problema, chiamato il *design problem*, è tipico dei sistemi decentralizzati

(ad es., *wireless sensor networks* o *cognitive radio*) ed esacerbato negli sciame di robot a causa delle limitate capacità individuali e della complessità dell'ambiente fisico e sociale in cui i robot si trovano ad agire.

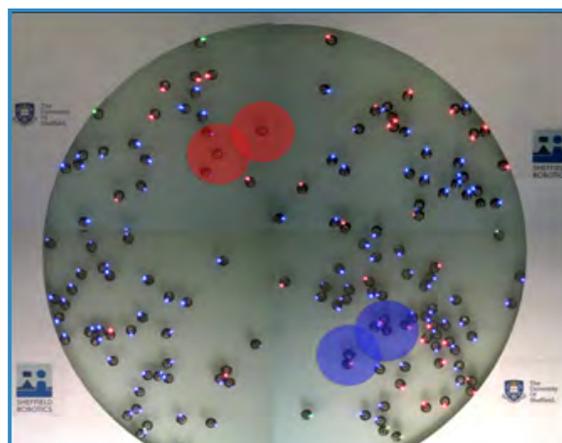


FIG. 23 -ROBOTICA DI SCIAME:
ESEMPIO DI SCIAME DI KILOBOT

Per affrontare il *design problem* nella robotica di sciame, sono stati proposti approcci differenti, dall'utilizzo di tecniche automatiche come gli algoritmi genetici all'utilizzo di linguaggi di programmazione speciali dedicati alla robotica di sciame. La ricerca presso l'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-ISTC) ha utilizzato questi approcci e ha recentemente formalizzato l'utilizzo di *design patterns* per la progettazione di sistemi decentralizzati³². Un *design pattern*

³² Un design pattern per i sistemi decentralizzati è definito da differenti componenti, a partire dal nome, dalla formalizzazione del problema, la razionale, la soluzione proposta e i modelli matematici associati, e infine una serie di casi di studio che ne dimostrano l'utilizzo (a sinistra). Questo design pattern può essere utilizzato per la progettazione di sciame di robot.

rappresenta la formalizzazione di una metodologia riutilizzabile che si è dimostrata efficiente e facilmente implementabile (Figura 23 mostra uno sciame di *kilobot* che deve decidere tra due risorse, rappresentate da cerchi rossi e blu. L'esperimento condotto in collaborazione tra CNR-ISTC e Università di *Sheffield* (UK) ha dimostrato come sciami di *robot* molto limitati possano arrivare a decisioni collettive in maniera efficiente e affidabile). Questa strategia di *design* viene utilizzata spesso nelle discipline più disparate, dall'architettura all'ingegneria del *software*. Nel caso specifico dei sistemi decentralizzati come gli sciami di *robot*, un *design pattern* descrive formalmente il problema affrontato, la rationale alla base della soluzione proposta, e definisce la soluzione con una serie di regole microscopiche che devono essere implementate per ottenere un comportamento macroscopico desiderato. La soluzione è formalmente rappresentata da modelli matematici legati tra loro a diversi livelli di dettaglio (micro-meso-macro), di modo che una variazione dei parametri che descrivono il comportamento macroscopico può essere facilmente riportata ad una nuova parametrizzazione micro per le regole di comportamento delle singole unità del sistema decentralizzato (ad es., i singoli *robot*), e viceversa. Completano il *design pattern* una serie di esempi che forniscono delle linee guida per l'utilizzo del *design pattern*.

Utilizzando questo approccio, è stato ad esempio proposto un *design pattern* per la decisione di gruppo in sistemi decentralizzati, che prende ispirazione dal comportamento delle api durante la ricerca di un nuovo sito dove costruire l'alveare. Le api sono infatti capaci di prendere una decisione di gruppo per il miglior sito disponibile in maniera del tutto decentralizzata, riuscendo anche a rompere gli indugi quando bisogna scegliere tra alternative pressoché identiche. Per far questo, le api sfruttano la capacità delle operaie "*scout*" di identificare e valutare i siti di interesse, e di riportarli allo sciame dove vengono reclutati altri *scout* per la valutazione delle alternative disponibili. Si instaura quindi una competizione tra le differenti alternative, e, grazie a dei

meccanismi di mutua inibizione simili a quelli osservati nelle dinamiche cerebrali, la migliore delle alternative viene rapidamente selezionata. Seguendo i modelli di comportamento delle api, è stato proposto un algoritmo decentralizzato per la decisione collettiva che è stato implementato in differenti sistemi artificiali. Ad esempio, è stato utilizzato per la decisione collettiva in sciami di *robot* simulati e reali (Fig. 23). In questi casi, ai robot sono presentate differenti alternative a rappresentare risorse da sfruttare o aree da ispezionare e il gruppo decide in maniera decentralizzata quale opzione scegliere. Ogni singolo robot può trovare e valutare una singola alternativa alla volta e con una certa probabilità può sceglierla come la sua preferita, impegnandosi a promuoverla al resto del gruppo. I robot senza preferenza possono quindi decidere di seguire il suggerimento dei robot che invece hanno già effettuato una scelta, venendo reclutati per la medesima alternativa. Allo stesso modo, confrontandosi tra loro, i robot che hanno effettuato scelte differenti possono decidere, con una certa probabilità, di abbandonare la propria scelta. Impostando le probabilità di scelta in maniera proporzionale alla qualità delle alternative coinvolte, si può dimostrare che il gruppo riesce sempre ad arrivare a una decisione, identificando le alternative migliori nella maggior parte dei casi.

Lo stesso meccanismo è stato sfruttato nel contesto delle cognitive *radio networks*, permettendo a dei dispositivi *wireless* facenti parte della stessa sotto-rete di interagire per identificare il canale di comunicazione migliore, minimizzando l'interferenza con altre sotto-reti. Questo tipo di tecnologia è motivato dal fatto che nello spettro di frequenze Sub-6GHz, gran parte delle bande sono allocate a degli utilizzatori "primari", lasciando poco spazio a quegli utilizzatori "secondari" che potrebbero occuparle in maniera opportunistica (ad esempio, sistemi *wireless* per la gestione di emergenze, o anche sciami di robot che devono intervenire in una determinata zona). Dato che gli utenti primari non utilizzano continuamente tutti i canali a loro riservati, è possibile per degli utenti secondari decidere in maniera decentralizzata quali canali occupare

per le proprie comunicazioni e questo lo si può ottenere utilizzando esattamente lo stesso *design pattern* utilizzato per le decisioni tra robot. Inoltre, è possibile fare in modo che differenti tipologie di utenti secondari possano co-esistere nello stesso spazio, dividendosi i canali liberi, in maniera del tutto decentralizzata. Ciò lo si può ottenere con lo stesso *design pattern*, vincolando la probabilità di scelta di un canale non solo alla sua capacità nominale, ma anche all'interferenza istantanea percepita sul canale. Questo fa sì che, se più di una sotto-rete si installa sullo stesso canale perché di qualità nominale maggiore, l'interferenza percepita ne determina una diminuzione della qualità, spingendo il sistema ad una ri-allocazione delle sotto-reti. In questo modo, la distribuzione delle comunicazioni sui vari canali è sempre ottimale, garantendo efficienza e imparzialità nell'allocazione.

Grazie agli algoritmi di decisione collettiva, è possibile conferire a sciame di robot delle capacità cognitive che il singolo agente non può possedere. La strada verso le applicazioni concrete di questa tecnologia è quindi aperta. Presto, sarà possibile osservare sciame di robot solcare campi, cieli e mari per i compiti più disparati. Un esempio concreto è l'agricoltura di precisione, dove i robot possono essere impiegati per monitorare la qualità delle colture, definire quando e dove bisogna intervenire e contribuire alla gestione e alla raccolta della produzione. Presso il CNR-ISTC sono state sviluppate metodologie per il monitoraggio e la mappatura delle erbe infestanti in campi coltivati. Per far questo, sciame di droni sono stati programmati per ispezionare un campo molto esteso a differenti livelli di dettaglio, focalizzandosi soprattutto sulle aree in cui la presenza di infestanti è più probabile. Ogni drone è dotato di algoritmi di visione artificiale in grado di stimare la presenza di infestanti da un'altitudine elevata. Quando questa stima suggerisce che alcune aree presentano una densità sufficiente di infestanti da motivare un'analisi a maggior dettaglio, i droni utilizzano gli

algoritmi di decisione collettiva per coordinarsi e distribuirsi sulle aree con richiesta maggiore. Su queste aree, i droni volano ad un'altitudine minore, raccogliendo immagini dettagliate delle piante, permettendone l'identificazione grazie ad una rete neurale deep addestrata allo scopo. Sfruttando la collaborazione tra droni, è possibile aumentare l'efficienza e la qualità di questa mappatura, producendo delle mappe dettagliate che possono essere utilizzate per l'eliminazione delle piante infestanti. Questa soluzione decentralizzata per il monitoraggio e la mappatura di un campo può essere utilizzata in contesti differenti rispetto all'agricoltura di precisione, adattandola per la sorveglianza o per la fornitura di servizi da parte di sciame di robot autonomi.

In conclusione, la potenzialità delle ricerche svolte nell'ambito della robotica di sciame presso il CNR-ISTC è evidente e può rappresentare un valido supporto all'individuazione di capacità necessarie a operare nel complesso ambiente futuro. La collaborazione con l'industria e la difesa può fare da volano, permettendo l'applicazione delle tecniche sviluppate in laboratorio in settori differenti e aprendo nuove sfide da affrontare con quel giusto *mix* di teoria e pratica che solo un consorzio aperto e multidisciplinare può fornire.

[4.2. La Robotica e l'Intelligenza Artificiale](#)

[Le sfide del trasferimento tecnologico dalla ricerca all'impresa: Istituto di Robotica e Macchine Intelligenti \(a cura Prof. Antonio Bicchi³³\)](#)

“L'Istituto di Robotica e Macchine Intelligenti” I-RIM è una nuova entità nata nel 2019 per motivazioni che sono la constatazione del fatto che l'intelligenza artificiale, e in particolare quella parte dell'intelligenza artificiale che si rivolge al controllo dell'interazione con il mondo fisico (non esclusivamente alla comunicazione e all'informazione), riveste una

³³ Presidente di I-RIM.

grande importanza in Europa e di conseguenza in Italia.

In questo settore infatti il lavoro svolto dall'Italia e dall'Europa è predominante nel mondo, ricoprendo posti di rilievo mondiali, cosa che non può essere confermata nello stesso modo in altri settori (le grandi aziende americane e cinesi sono, nell'ambito della raccolta dei dati, andate molto avanti).

L'Italia, in questo specifico settore, ha infatti espresso sia una grande Industria sia una grande Ricerca: la rivoluzione a cui stiamo assistendo è la quarta rivoluzione industriale, nient'altro che la somma delle precedenti tre rivoluzioni industriali, che vede nella **robotica delle macchine intelligenti il cuore pulsante.**

Nelle figure seguenti sono riportati alcuni dati relativamente alla crescita del settore industriale della robotica negli ultimi anni. L'Europa, in termini di volume in questo specifico settore, siede allo stesso tavolo dei competitori mondiali e più forti, gli Stati Uniti e l'Asia. L'Italia, in particolare, in Europa è seconda solo alla Germania, alla pari solo con la

Francia, nel settore delle macchine intelligenti. Ma a quanto ammonta il settore delle macchine intelligenti? Il manufacturing in Italia è di circa il 20% del nostro prodotto interno lordo: nella produzione si usano macchine e le macchine che non sono intelligenti oggi sono destinate a sparire molto presto.

Nella "robotica di servizio" ci sono volumi differenti, in particolare, nella Difesa e nelle applicazioni sul campo, dove parliamo di fatto di volumi che stanno crescendo rapidamente. In questo specifico settore, c'è una grande storia italiana: quando si parla del primo manipolatore al mondo, in genere si pensa al manipolatore del '54 degli *Argonne National Laboratory*, un tele-manipolatore per operare in un ambiente nucleare, ma nessuno ricorda che questo è rimasto solo un esperimento di laboratorio.

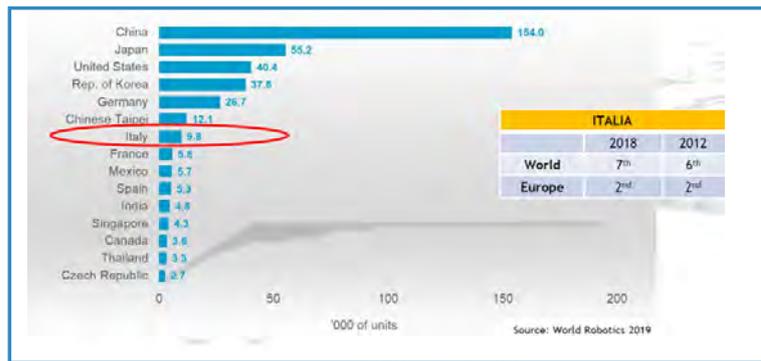


FIG. 24 - ROBOT VENDUTI NEL MONDO: DISTRIBUZIONE PER NAZIONE 2018

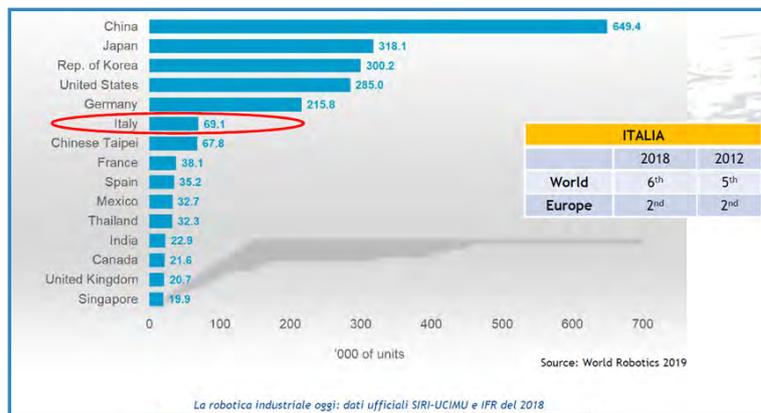


FIG. 25 - ROBOT INSTALLATI NEL MONDO: DISTRIBUZIONE PER NAZIONE 2018



FIG. 26 - VENDITE DI ROBOT INDUSTRIALI DEGLI ULTIMI 10 ANNI

Il primo manipolatore telecomandato, che è stato usato effettivamente nel **Joint European Torus** (il più grande reattore nucleare fino ad ora costruito), è stato quello realizzato nel '59 in Italia dal CNR/ENEA da Carlo Mancini: questo braccio oggi è ancora operativo e dopo 60 anni è ancora una tecnologia di riferimento. Alcuni esempi delle capacità di ricerca e industriale italiana: il primo robot di misura è stato fatto in Italia da un'azienda che si chiamava DEA, il primo robot per assemblaggio è stato fatto in Italia da Olivetti, il primo robot per il taglio è stato fatto in Italia da Prima Industrie e ancora italiano è uno dei primissimi robot nello spazio, Spider, che ha volato sulla *MIR Space Station* qualche tempo fa (Fig. 30). Per proseguire, ci sono aziende storiche come COMAU (Fig. 31) che dal '73 producono robot a livello mondiale e anche altre aziende come ad esempio *Elettroc80* (Fig. 32), un'azienda che produce macchine intelligenti e addirittura sistemi/impianti di fabbriche completamente automatizzati con un'avanzata intelligenza artificiale e che vende e produce in tutto il mondo con fatturati enormi: questa è l'eccellenza italiana nell'industria. L'Europa in questi settori è avanti agli Stati Uniti e a tutti gli altri paesi e l'Italia nella stessa Europa è seconda ancora alla



FIG. 27 - MEDIA ANNUA DI ROBOT VENDUTI NEL MONDO

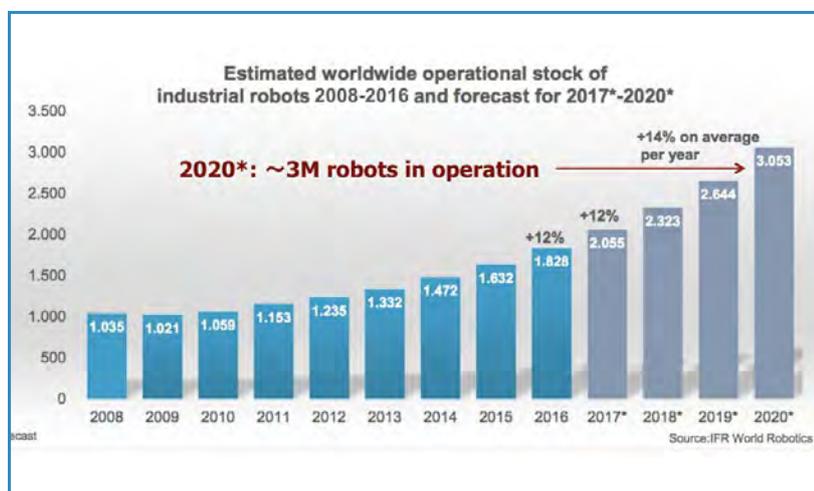


FIG. 28 - ESTIMATED WORLDWIDE STOCK OF INDUSTRIAL ROBOTS

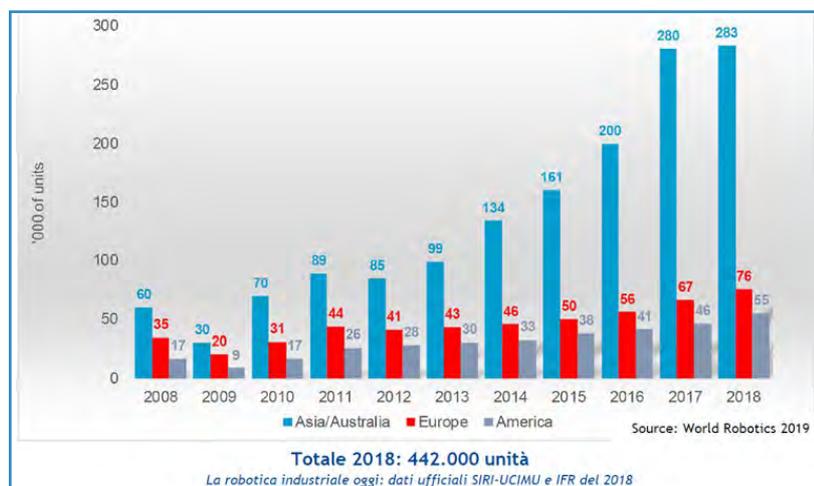


FIG. 29 - ROBOT INDUSTRIALI VENDUTI NEL MONDO: DISTRIBUZIONE 2018 PER CONTINENTI

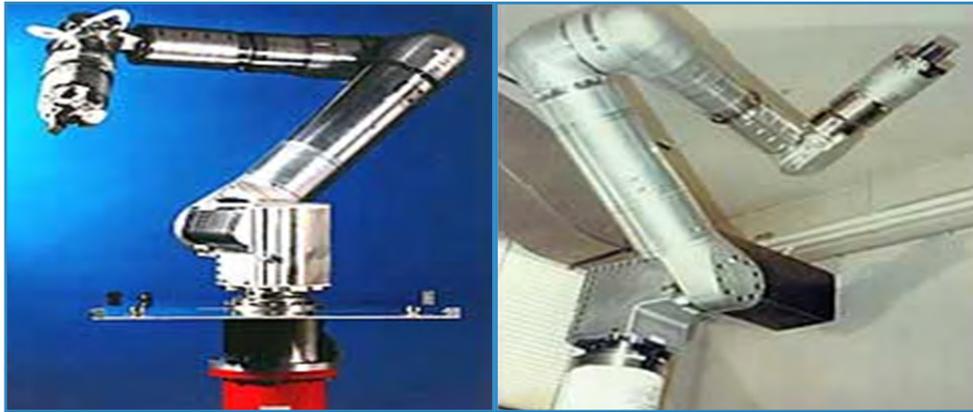


FIG.30 - SPIDER ARM SPACE INSPECTOR DEVICE FOR EXTRA-VEHICULAR ACTIVITY ARM

Germania e all’Inghilterra. Per quanto riguarda la qualità della produzione scientifica, l’Italia è addirittura il primo paese al mondo per numero specifico di citazioni dei propri lavori (fonte SciVal). Sono molti i Centri di Ricerca distribuiti su tutto il Paese e l’Istituto I-RIM si candida a rappresentare un **ponte tra la realtà industriale e quella della ricerca a livello nazionale**: tale ruolo e compito si rende necessario perché molte delle politiche di **trasferimento tecnologico** sono fatte **a livello regionale**.

La comunità italiana, come noto, a livello internazionale ha avuto grandi riconoscimenti nel corso della storia, ma oggi l’attenzione e tutti gli sforzi devono puntare sui leader futuri che con costanza stiamo formando e indirizzando nelle discipline delle **macchine intelligenti e della robotica**: al 2017 avevamo circa 6500

studenti in corsi di laurea triennale e 3300 in corsi di laurea magistrali in Italia.

E per tale ragione nasce l’istituto di Robotica e Macchine Intelligenti il cui motto è “diamo corpo l’intelligenza artificiale”, ovvero rendiamola operativa. È importante precisare che l’intera comunità della ricerca è unita in questo istituto. Inoltre I-RIM sta lavorando al fianco dell’industria per creare sempre maggiori opportunità e soprattutto per offrire alla Difesa una **mappatura dettagliata delle competenze disponibili** (tipologia e dove sono allocate): gli eventi *match making* organizzati da I-RIM sono uno degli strumenti per effettuare questo tipo di mappatura.

Uno dei problemi fondamentali della robotica che le ha impedito di essere utilizzata nella

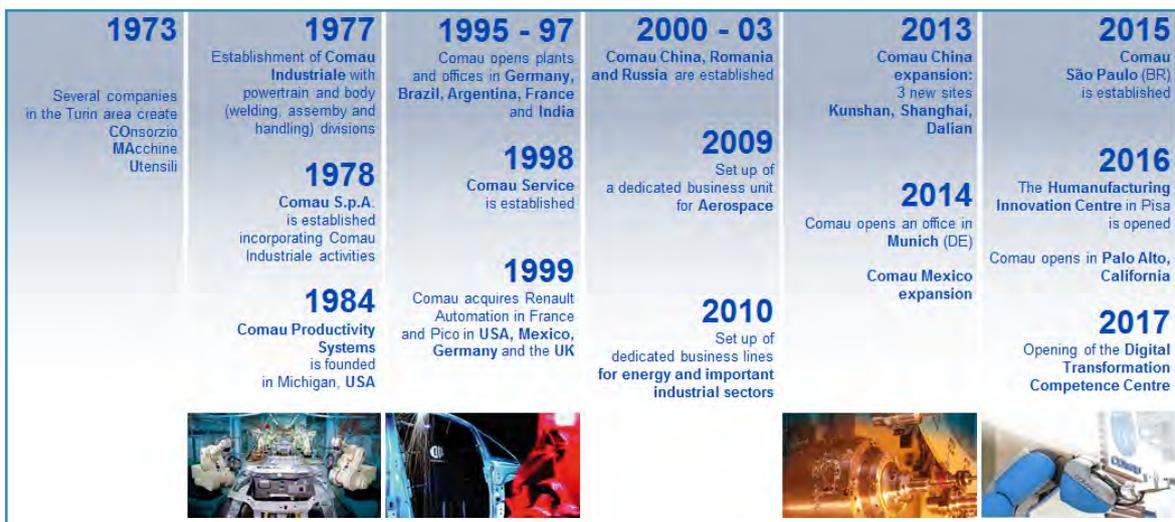


FIG. 31 – AZIENDA ROBOTICA STORICA, COMAU

UNA AZIENDA DI MACCHINE INTELLIGENTI

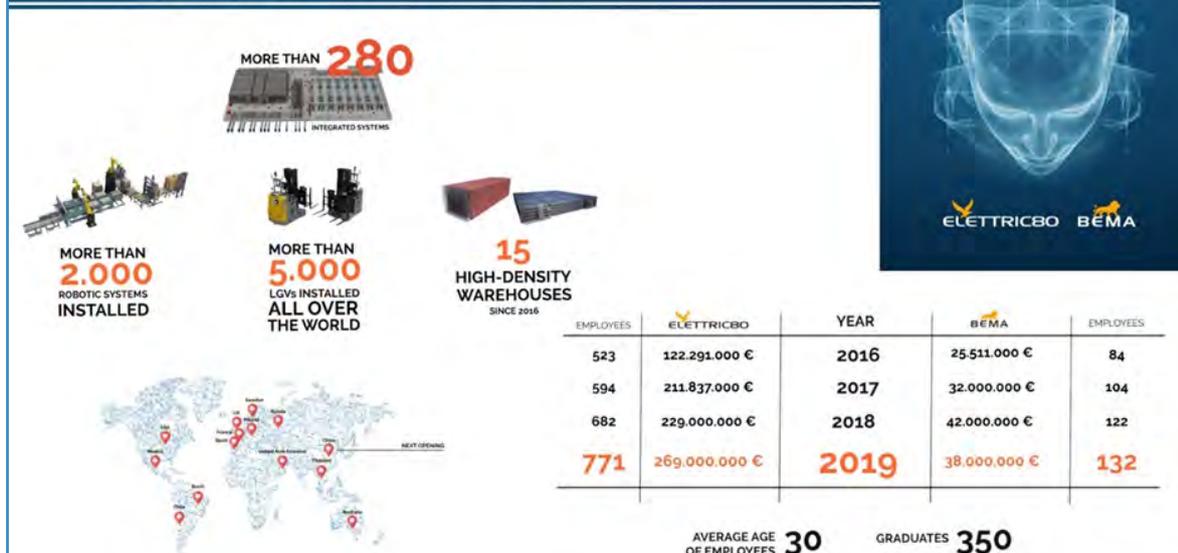


FIG. 32 – TREND DI PRODUZIONE DELLA ELETTRIC80

vita reale delle persone è la sua rigidità. Se osserviamo la natura risulta evidente che non è affatto rigida: sia la destrezza, sia le prestazioni che abbiamo in natura sono legate all'elasticità dei corpi che vengono coinvolti e all'intelligenza che è insita nella loro struttura fisica. È proprio da questi presupposti che nasce la *soft robotics*, ovvero l'idea che punta a dotare i corpi artificiali della tipica elasticità presente in natura: un'idea, è il caso di dirlo, che è nata in buona parte proprio in Italia.

Avvicinandoci al mondo della Difesa, una delle sfide che ci si pone è come **supportare un militare durante l'esecuzione dei propri compiti**. In tale ottica oggi si parla di implementazione di esoscheletri o *robot* completamente autonomi anche se una più probabile e rapida linea di azione, che è anche più *user-friendly*, potrebbe essere quella di **impiegare sistemi/robot non completamente autonomi** (ovvero di facile utilizzo e facili e intuitivi nella programmazione).

Quanto si sta cercando di fare è creare una **simbiosi tra uomo e macchina**: l'idea di fondo è quella di utilizzare un **esoscheletro senza la necessità di indossarlo** ma in grado di essere **comandato da remoto dall'uomo**. Un esempio chiaro è rappresentato dall'impiego, alcuni anni fa, del robot "*Walkman*" che utilizzando la tecnologia sopra menzionata è stato messo

all'opera nello scenario di Amatrice per ispezionare l'interno di alcune case pericolanti: **perché mettere a rischio la vita umana se possiamo impiegare un'intelligenza artificiale dotata di una maggiore capacità sensoriale e di maggiore forza?** In tale occasione, la missione affidata al robot era quella di entrare all'interno dell'edificio, ispezionarlo, misurare la stabilità della struttura e recuperare oggetti che erano stati abbandonati: in tutto questo, per tornare alla facilità di utilizzo, il *robot* era guidato da un esperto di settore, un esperto di robotica. Immaginiamo quindi con quanta facilità la stessa tecnologia possa essere impiegata / estesa in altri ambienti/situazioni.

Per concludere, un grande vantaggio dell'**impiego dell'intelligenza artificiale** è quello di "**programmare senza codificare**": in sintesi abbiamo detto che un individuo può diventare un *robot* interagendo con esso da remoto. Il robot impara autonomamente le azioni che gli sono state comandate tanto da poterle fare in un secondo momento in maniera autonoma elaborando i dati/informazioni dell'azione precedente. Questo è in grado di farlo anche se alcuni dettagli dello scenario mutano leggermente.

La tecnologia fin ora descritta è sviluppata in Italia da parte di una grande rete di ricercatori

e in collaborazione con le ottime industrie che abbiamo. I-RIM è a disposizione proprio per favorire, come evidenziato precedentemente, questo trasferimento tecnologico nell'ottica di un rapido ed efficace processo di innovazione.

RAIT 88: Centro di Ingegneria per la Difesa (a cura Dott. Alessandro FIDENZI)

In un contesto internazionale in rapido mutamento in cui tecnologia e geopolitica sono realtà fortemente connesse, la capacità di un Paese di creare vera innovazione robotica anche nell'ambito dello strumento militare, assicurerà sempre di più un vantaggio strategico.

Il settore della Difesa resta *leader* indiscusso dell'innovazione, in altri le aziende civili si modernizzano autonomamente a ritmi frenetici quasi infernali.

La sfida del nostro sistema Paese è destinata a giocarsi proprio sul piano tecnologico che porterà straordinari volani di sviluppo. È quindi di fondamentale importanza che le innovazioni con le maggiori potenzialità non sfuggano dall'attenzione della Difesa, così da poter essere al servizio del sistema Paese e incidere sul tessuto economico e produttivo nonché sui livelli occupazionali. La robotica sarà un'ulteriore "freccia nell'arco" del nostro Ministero.

Il cervello umano è fatto per conoscere e interagire con altri umani, per questo è importante che l'aspetto operativo dei *robot* sia il più possibile simile all'uomo. Filosoficamente e militarmente parlando, la mente è sempre stata l'arma migliore a disposizione dell'uomo fin dall'alba dei tempi, sia per l'elaborazione di strategie sia per la creazione di nuovi sistemi offensivi e difensivi da adoperare in battaglia.

Quando si parla di comunicazione tra uomo e *robot* il principale problema è dato dalla lettura degli impulsi elettrici che il cervello usa per trasmettere (di norma, con il resto del corpo umano).

Entra qui in gioco la necessità di una lettura in "alta definizione" dell'attività neurale dell'operatore, al fine di poter impartire ordini chiari al *robot*.

Innanzitutto, occorre ricordare che la comunicazione umana non è solo unidirezionale. Quando l'operatore trasmette un impulso, la macchina risponde.

Un passaggio questo che potrebbe risultare particolarmente complesso e delicato in campo bellico, vista l'elevata complessità di determinati ordini e quantità di variabili da considerare prima di impartirli a un plotone di soldati.

I margini di errore restano a livello teorico ancora molto alti, pensiamo alle tecnologie *Jammer* o alle armi a impulsi elettromagnetici (EMP) che possono disturbare un operatore creando in lui disagi psichici. In secondo luogo, bisogna assicurare all'operatore una protezione adeguata per dare gli *input* mirati al *robot*.

Essendo il cervello naturalmente concepito "su misura" del corpo umano, è necessario impedire che esso venga esposto a un volume eccessivo di stimoli e fatica, non ultimo un attacco *cyber* ad *hoc* che ne implicherebbe l'utilizzo e l'efficienza.

Lo scenario Nazionale vanta eccellenze non coese, che necessitano di supporto "vero". A livello internazionale lo scenario della Robotica sta avendo uno sviluppo enorme per diversi motivi di carattere tecnologico, economico e sociale. Nuove tecnologie sono oggi disponibili a costi non proibitivi nel campo dei sensori (MEMS, GNSS), dei sistemi di comunicazione (5G), dei sistemi di calcolo (GPU, Microcontrollori ad alte prestazioni), degli attuatori (Motori *Brushless*, *Driver* ad alte prestazioni), dei sistemi di alimentazione energetica (Batterie al Litio, Celle a combustibile) delle interfacce uomo-macchina (Realtà aumentata, visione 3D) e del *software* (Intelligenza Artificiale, *Cloud computing*, Realtà virtuale, programmazione grafica e a oggetti).

In particolare l'unione di sistemi di calcolo molto potenti, con la disponibilità di forti quantità di dati in rete, disponibili in tempo reale grazie

a potenti infrastrutture di comunicazione, permette ad algoritmi di intelligenza artificiale di implementare procedure, basate spesso sull'apprendimento, in grado di far compiere azioni prima impensabili per una macchina (riconoscimento di situazioni, di persone, di oggetti, di ambienti e scelta autonoma di azioni conseguenti). Inoltre, il grande interesse delle aziende automobilistiche verso la guida autonoma di livello sempre maggiore ha condizionato anche la ricerca robotica. Inizialmente le aziende hanno sfruttato gran parte dei risultati provenienti da decenni di attività di ricerca nella robotica autonoma per le loro implementazioni. Molti dei *leader* della ricerca sulla guida autonoma delle maggiori case automobilistiche provengono dal mondo della robotica. Oggi invece assistiamo a un proliferare di investimenti nel settore automobilistico e nello sviluppo di nuovi sensori e attuatori che sta condizionando come fenomeno di ritorno anche la ricerca nella robotica.

Da un punto di vista economico il costo della manodopera nelle industrie sta diventando sempre maggiore in tutto il mondo. Questo spinge quindi verso una maggiore convenienza dell'automazione anche nelle regioni dove la manifattura si è concentrata per motivi prettamente economici. Ad esempio la Cina è oggi il maggior acquirente di sistemi robotici e sta investendo in modo considerevole nelle tecnologie robotiche.

L'impiego di sistemi automatici, che possano da un lato ridurre il costo della manodopera e dall'altro incrementare la sicurezza dei lavoratori, diventa sempre più vantaggiosa.

Da un punto di vista sociale l'introduzione della robotica è oggi più semplice in settori anche diversi dalla manifattura industriale. Fino a qualche anno fa vi era una forte avversione verso i *robot*, condizionata anche da decenni di film di fantascienza che fornivano un'immagine distorta della realtà. I *robot* erano visti come sistemi aventi capacità ben superiori a quelle realmente possibili e che rappresentavano un rischio per l'umanità sia da un punto di vista della sicurezza sia da un punto di vista

lavorativo. Oggi, una maggiore diffusione delle conoscenze tecnologiche, ha consentito la maggiore consapevolezza delle capacità e limiti delle nuove tecnologie e ha permesso l'introduzione di sistemi robotici nella vita di tutti i giorni. Esempi lampanti sono l'ambito domestico (*robot* aspirapolvere, tosaerba), in ambito medico (*robot* per chirurgia e per radioterapia) e in agricoltura.

Unmanned Aerial Vehicle

I droni, o, più correttamente, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), rappresentano ad oggi una parte integrante delle forze militari in tutto il mondo nei diversi campi applicativi: *intelligence*, sorveglianza, riconoscimento e acquisizione dei *target*, trasporto, combattimento, *battle damage management*.

Una suddivisione di massima, ma abbastanza efficace per classificare gli UAV, è quella effettuata dal Dipartimento della Difesa USA, che suddivide i droni in base alle loro dimensioni e capacità (Fig. 33). Se al Gruppo 5 appartengono veicoli di grandi dimensioni, utilizzati per operazioni a medio-alte altitudini e con *range* esteso per operazioni di sorveglianza, *intelligence* e combattimento, è interessante notare come si abbia assistito negli ultimi anni ad una rapida crescita nell'adozione dei sistemi dei Gruppi 1 e 2: veicoli di piccole dimensioni con *range* limitato, tipicamente utilizzati per operazioni di sicurezza e riconoscimento anche in ambito urbano o per operazioni di analisi e ispezione da parte delle truppe di terra. A favorire tale crescita ha sicuramente contribuito la nascita e lo sviluppo dei velivoli multirobotore, sistemi a decollo verticale facilmente trasportabili, dispiegabili in maniera molto rapida e che, dotati di diversi tipi di *payload* (telecamere nel visibile e nell'infrarosso, sensori multispettrali, radar, sensori di radiazioni e gas,...) si prestano all'impiego in diversi ambiti applicativi (difesa, antiterrorismo, protezione civile).

Per quel che riguarda il trend, se fino ad oggi il mercato è stato dominato dai sistemi di tipo *RPAS* (*Remotely Piloted Aerial System*) ovvero velivoli privi di equipaggio operati da un pilota

UAS Group	Maximum weight (lb) (MGTOW)	Nominal operating altitude (ft)	Speed (kn)	Representative UAS
Group 1	0–20	< 1,200 AGL	100	RQ-11 Raven, WASP
Group 2	21–55	< 3,500 AGL	< 250	ScanEagle, Flexrotor
Group 3	< 1,320	< FL 180		RQ-7B Shadow, RQ-21 Blackjack, Navmar RQ-23 Tigershark, Arcturus-UAV Jump 20, Arcturus T-20
Group 4	> 1,320	> FL 180	Any airspeed	MQ-8B Fire Scout, MQ-1A/B Predator, MQ-1C Gray Eagle
Group 5	> 1,320			MQ-9 Reaper, RQ-4 Global Hawk, MQ-4C Triton

FIG. 33 - CLASSIFICAZIONE DEGLI UAV EFFETTUATA DAL DIPARTIMENTO DELLA DIFESA USA (FONTE: "EYES OF THE ARMY" U.S. ARMY ROADMAP FOR UAS 2010-2035)

remoto, l'avvento di moderne tecnologie nel campo della *Computer Vision* e dell'Intelligenza Artificiale, fa sì che la domanda si sposti verso sistemi autonomi o semi-autonomi, che non necessitano di un pilota remoto, al fine di alleggerire il carico dell'operatore remoto in lunghe operazioni di sorveglianza o di permettere, per esempio, il riconoscimento e l'acquisizione automatica dei *target* in azioni di combattimento.

L'Intelligenza Artificiale rappresenta inoltre un catalizzatore verso lo sviluppo di sciami di UAV, ovvero di flotte di velivoli (semi)autonomi in grado di coordinarsi automaticamente tra loro al fine di ottimizzare la missione. Esempi: ispezione da diverse prospettive, migliore riconoscimento e assegnazione dei *target*, supervisione dei gruppi di terra.

Da non trascurare, per una forza armata all'avanguardia, lo sviluppo e l'installazione di opportuni sistemi di difesa (*Counter-Drone Systems*) in grado di riconoscere e mitigare eventuali attacchi da parte di droni nemici, possibilmente abbattendo questi ultimi.

Unmanned Ground Vehicle

I veicoli terrestri privi di pilota a bordo, noti come *Unmanned Ground Vehicle* (UGV), trovano ad oggi un numero sempre maggiore di applicazioni nel settore della difesa: si va dai sistemi UGV in grado di seguire un veicolo *leader* con o senza equipaggio per operazioni di logistica (convogli autonomi) agli UGV portatili utilizzati dalle truppe leggere per ricognizioni in avanscoperta o per operazioni in terreno minato, aree contaminate, ecc.. A queste si aggiungono, tra le altre, anche operazioni di combattimento, di ricerca e soccorso, sicurezza

perimetrale e delle frontiere.

Ad oggi, la maggior parte degli UGV è teleoperata: un operatore controlla il mezzo e il suo *payload* da remoto da una posizione sicura attraverso un collegamento radio o satellitare. Tali mezzi rappresentano la prima generazione di veicoli privi di pilota a bordo, in cui il telecontrollo, attualmente la tecnologia più matura, consente operazioni pericolose riducendo i rischi per l'operatore. Tuttavia, tali sistemi rappresentano attualmente quella che può essere considerata la prima generazione di UGV. La tendenza attuale è infatti quella di sviluppare tecnologie avanzate in grado di ridurre il carico delle attività dell'operatore o di diminuire ulteriormente il rapporto operatori/robot. Lo scopo di tale attività di ricerca e sviluppo è duplice:

- la realizzazione di sistemi avanzati che possano essere inseriti negli UGV di prima generazione in maniera evolutiva;
- la creazione di mezzi di seconda generazione, caratterizzati da un alto grado di autonomia.

Devono essere cioè sviluppati componenti per il *retro-fitting* di veicoli esistenti e UGV autonomi di nuova generazione che permettano comportamenti simil-umani sempre più tattici e di alto livello: il sistema autonomo non dovrà solo essere in grado di eseguire *task* di basso livello, quale l'individuazione e l'aggiramento di ostacoli, ma dovrà avere capacità cognitive e intellettive che gli permettano di eseguire azioni complesse quali, per esempio, la ripianificazione e l'esecuzione della missione e il ri-adattamento della missione stessa, in base alle mutate condizioni interne ed esterne. A tal scopo, sarà inoltre indispensabile sviluppare

nuove tecnologie meccatroniche per migliorare la mobilità delle piattaforme UGV in ambienti non strutturati, inclusi terreni complessi e contesti urbani, utilizzando nuovi mezzi di locomozione e sistemi di controllo intelligenti.

Rappresentativa è l'immagine di Fig.34 che riporta l'andamento evolutivo previsto per i sistemi autonomi, fortemente accelerato dal progresso della ricerca nell'Intelligenza Artificiale che sta portando allo sviluppo delle future capacità robotiche di seconda generazione dove le nuove piattaforme mostrano capacità semi-autonome di mobilità, navigazione e realizzazione della missione.

Autonomous Underwater Vehicle: possibili

garantita dalla fonte di alimentazione (normalmente batterie). Al di là di un possibile uso per la posa di cavi e condotte, risultano più utili per la manutenzione dei suddetti impianti, in cui il veicolo deve seguire (grazie a opportuna strumentazione) il cavo o la condotta per lunghe distanze. Possono essere utilizzati in campo petrolchimico a fini esplorativi dei fondali, per manutenzione dei pozzi sottomarini e per la gestione di eventuali guasti e incidenti. Risultano estremamente utili in caso di incidenti navali e aerei, in cui il mezzo risulta disperso in fondali a elevata profondità. Possono essere usati per fini di sorveglianza e per contrastare traffici illeciti. In campo ambientale, possono essere utilizzati per il monitoraggio delle acque per potenziali inquinanti e in generale per studi

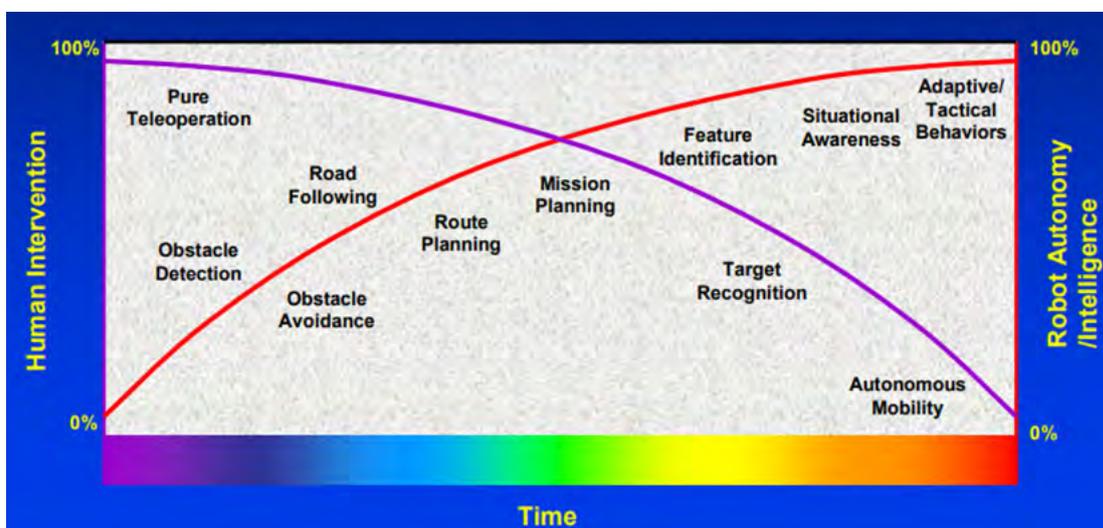


FIG. 34 - EVOLUZIONE TEMPORALE DELLE CAPACITÀ DI INTELLIGENZA E AUTONOMIA DEI SISTEMI ROBOTICI (FONTE "JOINT ROBOTICS PROGRAM MASTER PLAN" US DOD)

applicazioni

I veicoli denominati AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) sono sistemi che derivano dall'automazione dei più classici sistemi ROV (*Remotely Operated Vehicle*) tipicamente utilizzati per la posa e la manutenzione di cavi e tubazioni sottomarine, anche ad elevata profondità. I sistemi AUV risolvono principalmente il problema legato alla presenza ed alla gestione del cavo ombelicale, spesso lungo anche alcuni chilometri, avvolto su tamburi di dimensioni ragguardevoli. I sistemi ROV possono avere più ampia capacità di movimento, di fatto limitata solo dall'autonomia

oceanografici. Sempre più frequente il loro utilizzo in archeologia sottomarina.

In ambito più strettamente militare, possono essere utilizzati come nodi per reti di telecomunicazioni sottomarine, anche basate su *sonar* (reti *mesh*). Possono essere utilizzati per il *delivery* automatico di materiali e per applicazioni di sminamento sottomarino (AUV a basso costo, eventualmente sacrificabili).

Per applicazioni che prevedono lunghi tragitti, possono essere presi in considerazione gli AUV denominati "*glider*" o alianti sottomarini. Non hanno *thrusters* ma solo un sistema automatico

del controllo del galleggiamento. Dopo averlo riportato a una certa quota, il sistema “plana” verso una quota inferiore, percorrendo una certa distanza, per poi risalire in quota e ricominciare. Ha il vantaggio di avere una notevole autonomia anche se le velocità di crociera sono basse. I sistemi esistenti più comuni sono i modelli *Abyss* e *REMUS 6000* della *Hydroid, LLC* – USA, la serie *Bluefin* della *Bluefin Robotics* – USA, il modello *Knifefish* della *General Dynamics Mission Systems* – USA, *Sparus II* e *Girona 500* sviluppati presso *Underwater Robotics Research Centre (CIRS) of the University of Girona (Spain)*.

Attualmente le ricerche nel campo sono relative ai sistemi di (inter)comunicazione tra AUV e relativi mezzi di supporto, a tecniche di navigazione autonoma e localizzazione (non basate su GPS e/o su sensori inerziali di alto costo e a bassissima deriva), al controllo dell’assetto e del mantenimento della quota di navigazione, al *detection di target* tramite tecniche di *artificial vision* basate su *sonar* piuttosto che su immagini (non sempre praticabili a profondità elevate o in acque torbide), alla minimizzazione delle emissioni acustiche del mezzo (al fine della non tracciabilità e della riduzione dell’impatto ambientale marino), allo sviluppo di algoritmi di navigazione ottimizzati per operazioni USAR (*Underwater Search And Rescue*).

Considerazioni sulla Robotica

Data la natura estremamente eterogenea dei veicoli, dei dispositivi e delle architetture, nonché delle applicazioni attuali e potenziali, al fine di evitare frammentazioni, risulta fondamentale il concetto di “interoperabilità”, una delle chiavi tecnologiche abilitanti che permetteranno l’aumento delle funzionalità dei sistemi e la riduzione dei costi. Deve essere cioè garantita la “capacità di sistemi e sottosistemi, unità o forze di fornire servizi e accettare servizi da altri sistemi, unità o forze e di utilizzare i servizi così scambiati per consentire loro

di operare efficacemente insieme³⁴. In altre parole, la capacità di due o più sistemi, reti, mezzi, applicazioni o componenti (eterogenei) di scambiare informazioni tra loro e di essere poi in grado di utilizzarle³⁵.

Tale interoperabilità può e deve essere ottenuta mediante l’impiego di architetture aperte (*Open Architecture*), interfacce non proprietarie, *standard* nelle interfacce (*hardware/software/* di comunicazione) e nei protocolli dei diversi sotto-sistemi³⁶.

Ciò consentirebbe la creazione di un’architettura globale di tipo “*plug and play*” in cui le diverse componenti (ad esempio i singoli *robot* o i sotto-sistemi che li compongono) sono facilmente integrabili, riutilizzabili per diverse applicazioni e interoperabili (“modularità” dell’architettura).

Un’architettura di tale natura consentirebbe altresì la realizzazione di flotte eterogenee di *robot* intra e interforze (UGV + UAV + AUV) in grado di comunicare tra loro e, quando la tecnologia sarà matura, di coordinarsi e operare in maniera autonoma, sotto la stretta supervisione umana, al fine di:

- ottimizzare l’esecuzione della missione;
- aumentare la resilienza del sistema, grazie alla possibilità del sistema di riadattarsi e riconfigurarsi in base alle mutate condizioni esterne e interne del sistema stesso (es. malfunzionamento o perdita di uno dei veicoli).

A tal proposito, una delle altre chiavi tecnologiche abilitanti è infatti quella legata al concetto di “autonomia e capacità cognitive” dei sistemi robotici, ovvero la capacità del robot di comprendere la realtà che lo circonda e di prendere decisioni, senza l’intervento di operatori umani. Tale capacità richiede l’implementazione e l’integrazione di processi di pianificazione, decisionali ed esecutivi che elaborano le informazioni sull’ambiente

³⁴ Unmanned Interoperability Initiative (UI2) Capability Based Assessment (CBA) (2012).

³⁵ Treccani, Enciclopedia della Scienza e della Tecnica.

³⁶ “Unmanned Systems Integrated Roadmap. FY2013-2038”, United States. Department of Defense (2014).

circostante. È evidente come le *performance* di un sistema autonomo siano strettamente legate alle proprie capacità sensoriali, percettive e analitiche: in altre parole, un sistema “autonomo” necessita di sensori e algoritmi che siano in grado di acquisire, filtrare e integrare le informazioni sullo scenario circostante e discernere le diverse situazioni.



FIG. 36 - UN PROTOTIPO DELL'UGV

Tra i sensori che attualmente stanno spingendo verso un aumento dell'autonomia vanno annoverati quelli basati su tecniche LIDAR (“*Light Detection and Ranging*”) che permettono la ricostruzione 3D dell'ambiente circostante. Le informazioni provenienti da tali sensori, insieme a quelle dei sistemi di visione di bordo, fornite in pasto a sistemi di calcolo sempre più potenti, permettono ad algoritmi di intelligenza artificiale di implementare procedure, basate spesso sull'apprendimento, in grado di far compiere azioni quali il riconoscimento di situazioni, di persone, di oggetti, di ambienti e la scelta autonoma di azioni conseguenti. È evidente come sia indispensabile, ad oggi, implementare infrastrutture di comunicazione sempre più potenti, in modo da garantire lo scambio e la disponibilità di forti quantità di dati in tempo reale da e tra i diversi *robot*.

Attività svolte

Il nostro *team* è composto da esperti ricercatori in

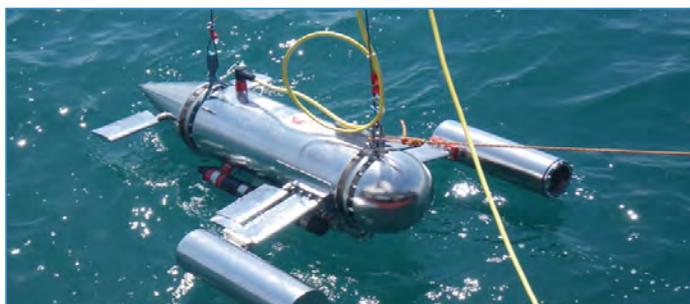


FIG. 35 - UN PROTOTIPO DELL'AUV

computer vision, *machine learning*, sistemi complessi e robotica. Il gruppo ha una notevole esperienza in tutti gli aspetti della progettazione *software* e *hardware* nell'ambito della robotica e dei controlli automatici. Le principali attività si concentrano su *hardware embedded* e tecniche di *soft-computing* per la modellazione, la simulazione e il controllo. Il *team* presenta un forte *know-how* tecnico e tecnologico che



FIG. 37 - UN PROTOTIPO DELL'U-GO UGV

consente di affrontare le problematiche di ricerca e sviluppo, parte essenziale della *mission* aziendale. Il *team* ha inoltre forti sinergie con partner industriali e accademici ed è stato coinvolto in progetti di ricerca a livello locale, nazionale ed europeo, riguardanti la robotica e il controllo automatico.

Abbiamo sviluppato diversi sistemi robotici (UGV, UAV e AUV), applicati in differenti scenari e per svariate applicazioni: ricerca e soccorso (“*search and rescue*”), agricoltura di precisione, studi vulcanologici, analisi ambientali.

Tra questi, il veicolo “*unmanned*” U-GO UGV (Figura 37) e il sistema di controllo e la sensoristica ambientale per il veicolo sottomarino (AUV) (Fig 35).

4.3. Sistemi di demilitarizzazione e decontaminazione del futuro (a cura Prof. Renato BONORA³⁷)

La frontiera della decontaminazione chimica: le problematiche di contaminare una Megalopolis

Le attività principali di UniFRONT, *spin-off* dell’Università di Padova, sono quasi esclusivamente dedicate proprio al mondo della Difesa su due temi, in particolare la sicurezza CBRN e la demilitarizzazione di munizioni convenzionali e speciali. Lo *spin-off* è nato dal Dipartimento di Ingegneria Industriale dell’Università di Padova e collabora anche con laboratori nazionali e internazionali qualificati, utilizza, per le attività di sviluppo di prototipi/ prodotti e per la realizzazione di impianti “chiavi in mano”, aziende presenti sul territorio nazionale.

Per quanto riguarda lo specifico tema della Ricerca e Sviluppo della decontaminazione CBRN gli obiettivi principali sono quelli di:

- sviluppare sistemi per la sicurezza CBRN

adatti all’evoluzione della minaccia (la minaccia evolve molto rapidamente e quindi ci vogliono sistemi che siano adattativi a questo tipo di minaccia e alle esigenze degli utilizzatori, ovvero degli operativi che sul campo devono utilizzare questi sistemi);

- ottimizzare e validare sistemi di decontaminazione, con il supporto di enti nazionali e internazionali altamente qualificati, per fornire continue informazioni all’utente finale affinché possa predisporre e modificare nel tempo le proprie procedure di intervento.

Nella Fig. 38 è rappresentata l’evoluzione della minaccia della guerra da NBC a CBRN nel corso degli anni.

Per quanto riguarda i sistemi di decontaminazione tradizionali, ci si pone la domanda: “possono soddisfare l’ambiente operativo del futuro, ovvero un ambiente estremamente complesso, quando questi tendono a focalizzarsi esclusivamente su specifici gruppi o categorie di agenti e addirittura comportare la necessità di dover preparare sul campo le miscele alle giuste concentrazioni?”. Per tale motivo il nostro *Spin-off* ha voluto concentrarsi sullo studio di qualcosa che

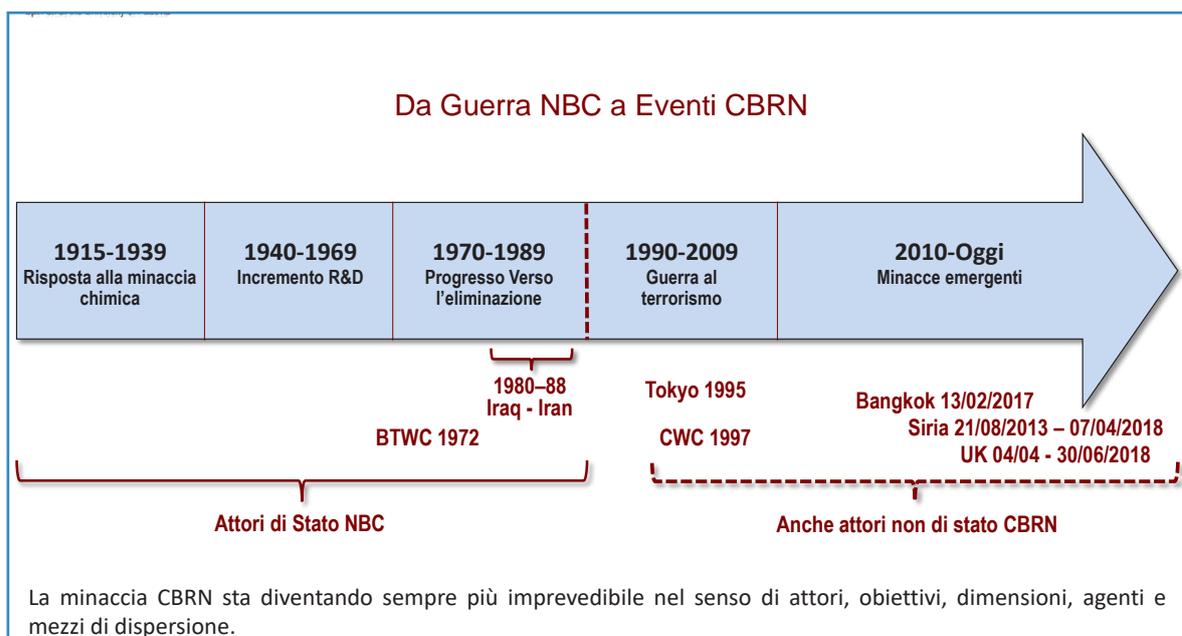


FIG. 38 – EVOLUZIONE DELLA MINACCIA: DALLA GUERRA NBC A CBRN

³⁷ UniFRONT, Università di Padova.

avesse una caratteristica “universale”, come auspicato dalla NATO, sviluppando un prodotto decontaminante CBRN adatto per infrastrutture e grandi apparecchiature/piattaforme/attrezzature di protezione individuale collettiva e idoneo a essere utilizzato in ambienti molto diversi e complessi, in modalità operativa semplice e nel contempo efficace. Il dipartimento ha realizzato altri prodotti/sistemi per applicazioni più specifiche, come il trattamento di apparecchiature sensibili, oppure, a supporto della fase di recupero, successiva a quella dell'emergenza, la decontaminazione di ambienti confinati contaminati da agenti chimici e sostanze biologiche.

I sistemi di decontaminazione realizzati, oltre a trovare impiego nelle Forze Armate italiane, hanno visto il loro utilizzo anche nel corso di eventi ad alta visibilità internazionale e a protezione di infrastrutture sensibili, dove

alcuni esempi sono la loro implementazione nella sicurezza dei giochi olimpici, nell'ambito di eventi FIFA. Questi sistemi, inoltre, hanno trovato impiego in Siria da parte degli ispettori OPCW (*Organization for the Prohibition of Chemical Weapons*), per la sicurezza del tunnel della Manica e La Mecca, e ancora nel Regno Unito, a seguito degli eventi di avvelenamento da “*novichok*” avvenuti nel 2018.

La sperimentazione dei nostri sistemi è pressoché continua nel tempo per approfondire le conoscenze e le loro possibilità e i limiti di utilizzo, in modo da fornire all'utilizzatore finale informazioni il più possibile aggiornate. Tornando al caso del *novichok* nel Regno Unito, solo pochi mesi prima UNIFRONT aveva condotto una sperimentazione specifica sul composto chimico, rappresentante della famiglia dei *novichok*, il *diisopropyl fluorophosphate* (DFP) che ha portato a risultati molto interessanti e che ha permesso di fornire informazioni al Regno Unito.

Recentemente lo *Spin-off* ha condotto sperimentazioni utilizzando degli agenti nervini non comuni di tipo persistente, comparando le cinetiche di decomposizione con BX24 dell'agente VX *standard* con il VX russo e quello cinese (Figure 39 e 40). Inoltre con questi e altri agenti si sono studiate le cinetiche di decomposizione anche in ambienti operativi estremi, da temperature molto alte, +55°C, fino a temperature molto fredde, -21°C.

Per quanto invece riguarda il settore della demilitarizzazione, lo *Spin-off* ha avuto un'interessante collaborazione con la Difesa dopo che l'Italia ha sottoscritto “la Convenzione di Ottawa” per il bando totale delle mine anti-persona. Il dipartimento ha progettato

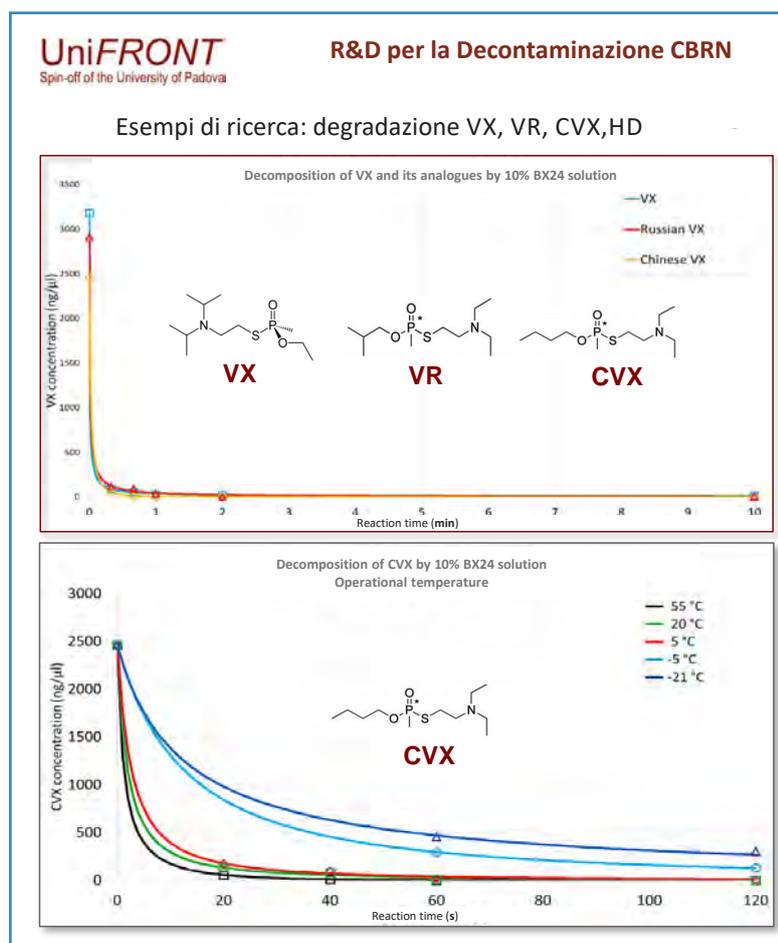


FIG. 39 - SPERIMENTAZIONI CONDOTTE CON DIVERSE TIPOLOGIE DI AGENTI NERVINI TIPO PERSISTENTE

l'impianto per la realizzazione di un processo per la distruzione delle citate mine, ovvero di altro materiale esplosivo (Fig. 41). Per questo scopo è stata sviluppata una tecnica innovativa che consiste nella **combustione controllata del materiale esplosivo in condizioni di semi confinamento**, senza quindi causare fenomeni di esplosione.

In conclusione *UniFRONT* rappresenta uno strumento:

- che può contribuire a trasformare un'idea in una capacità utile al comparto Difesa, facendo da ponte tra scienza e tecnologia;
- flessibile e rapido nel perseguimento dei risultati, considerando che uno *spin-off* è soggetto più agile di una struttura complessa, come può essere l'Università stessa o la Difesa, essendo dotate ambedue di strutture burocratiche complesse;
- che ha condotto attività sperimentali che hanno avuto successo e che hanno permesso di acquisire un'esperienza importante sicuramente utile nell'interpretare esigenze che potranno

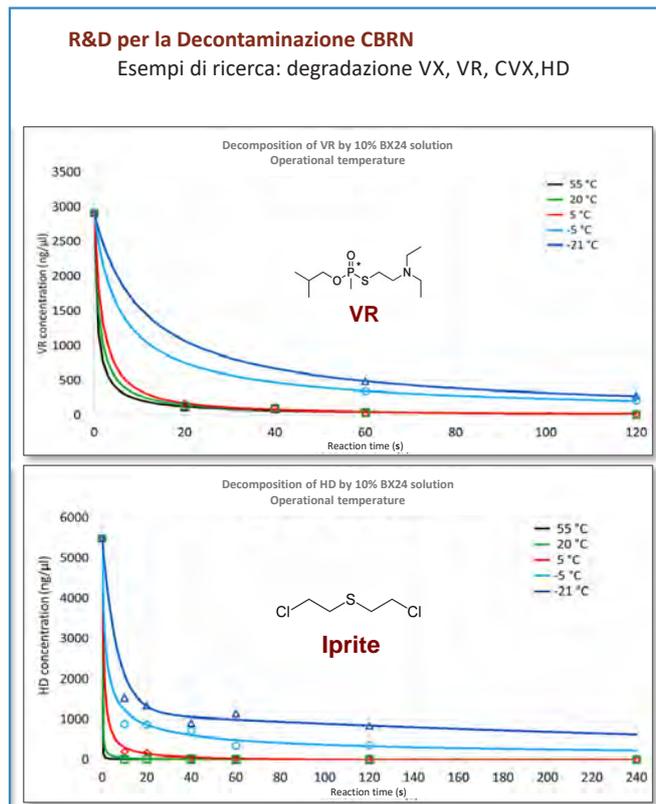


FIG. 40 - SPERIMENTAZIONI CONDOTTE CON DIVERSE TIPOLOGIE DI AGENTI NERVINI TIPO PERSISTENTE

caratterizzare il futuro.

- Le attività principali che il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di

UniFRONT
Spin-off of the University of Padova

R&D per la Demilitarizzazione

n. 410.000
Mina antipersona
Valmara 69

n. 5.285.752
Sub-munizioni
M42, M46

KB44 (Kleinbombe 44)

n. 40.160 MW-1
MIFF (Mine Flach-Flach)

MUSPA (Multi-Splitter-Passiv-Aktiv)
MUSA (Multi Splitter Aktiv)

FIG. 41 – ESEMPIO DI IMPIANTO DI COMBUSTIONE CONTROLLATA DI MATERIALE ESPLOSIVO SEMI CONFINATO

Padova/UNIFRONT porta avanti sono tre e riguardano:

- il proseguimento della sperimentazione, come già menzionato fino ad ora, nel settore della decontaminazione con l'utilizzo di diversi tipi sostanze, anche innovative, relativamente allo spettro degli agenti CBRN/TICs/TIBs;
- il settore della “catalisi”, per favorire la decomposizione di sostanze che richiedono di essere distrutte;
- altre attività che sono finanziate dallo *spin-off* stesso, in preparazione di esigenze future come la distruzione di munizionamento al fosforo, che preveda il recupero dell'agente stesso, o il recupero di materiale esplosivo da munizioni attraverso tecnologie *melt-out innovative*;
- distruzione di munizioni per “armi di piccolo calibro”, sia militari sia civili.

Nelle attività svolte, oltre all'efficienza, in una logica di tipo industriale, grande importanza è riservata alla sicurezza, al recupero dei materiali per il loro riciclo e all'impatto ambientale.



FIG. 42 - MODERN TECHNOLOGIES AND DISRUPTIVE PLATFORMS

4.4. L'evoluzione dei livelli di autonomia nei sistemi intelligenti – limiti e potenzialità

La strategia di sviluppo e impiego di Robotics Autonomous System dell'Esercito Italiano

Il fenomeno della 4^a Rivoluzione Industriale ha cambiato i connotati dei **principali paradigmi culturali e sociali** fino a ora conosciuti, modificando le **logiche che governano il rapporto tra uomo e tecnologia** e, in particolare, la concezione delle variabili spazio, tempo e velocità. Un importante stimolatore di innovazione nell'ambito della predetta rivoluzione è stato senza dubbio **il mondo militare** che ha iniziato a generare soluzioni e iniziative di varia natura, allo scopo di rompere gli schemi del passato ed essere in grado di confrontarsi agevolmente con i paradigmi contemporanei. Tali iniziative hanno dato luogo alla sperimentazione di evolute componenti tecnologiche che, pur sempre riconoscendo **la centralità della componente umana** come preminente, sono state considerate come

indispensabili strumenti in grado: sia di offrire risposte concrete alla gestione di nuovi paradigmi nella definizione dei rapporti uomo-tecnologia, sia di garantire al soldato la sopravvivenza in un ambiente operativo multi-dimensionale, congestionato, interconnesso e fortemente degradato in tutti i domini.

In tale quadro, rivestono **un ruolo di particolare importanza per l'innovazione della componente terrestre la ricerca, la sperimentazione di *Robotic and Autonomous System (RAS)***. Tali tecnologie, sono in grado di incidere sulla trasformazione dimensionale in atto (spazio tempo e velocità), offrendo considerevoli opportunità in termini di:

- accelerazione dei processi decisionali;
- innalzamento delle performance del soldato;
- miglioramento della protezione delle forze;
- aumento della capacità di preservare vite umane;
- incremento dell'efficacia e dell'efficienza dei principali sistemi militari;
- razionalizzazione dello strumento militare in termini ordinativi, facilitato dall'introduzione, in alcuni specifici campi, di componentistiche a elevato contenuto tecnologico;
- consistenti economie di scala;
- diminuzione generale del fattore rischio per la componente umana garantendo alla stessa maniera un grande *combat power* da schierare nella condotta di attività militari nel rispetto del principio classico della "massa".



FIG. 43 - SPERIMENTAZIONE RAS

In tale quadro, la Forza Armata,

attraverso il documento "Strategia di sviluppo e impiego di *Robotic and Autonomous System* (RAS) dell'Esercito Italiano", ha delineato il proprio approccio allo sviluppo e al successivo impiego delle tecnologie RAS per fronteggiare al meglio le sfide dell'ambiente operativo futuro.

Il punto di partenza è stato quello di individuare le aree capacitive (*combat function*) nell'ambito delle quali sarà necessario l'impiego della componente autonoma nel breve, medio e lungo periodo per il conseguimento dei seguenti obiettivi:

- porre in rilevanza la necessità e l'urgenza di ricercare, sviluppare, sperimentare e acquisire piattaforme RAS a favore dello strumento militare terrestre, a similitudine

di quanto già effettuato da alcuni dei principali *partner* e alleati;

- identificare le *key future* RAS;
- tracciare un cronoprogramma relativo allo sviluppo capacitivo nel settore RAS;
- mettere a conoscenza del mondo accademico, dei principali *stakeholders* della Difesa, del comparto industriale e dei principali paesi *partner* e alleati la linea d'azione intrapresa dalla F.A. nel settore RAS.

I benefici che la Forza Armata potrà trarre, nell'ambito dello sviluppo di tecnologie autonome RAS, intese come "piattaforme composte da una componente fisica e una componente abilitante, basate su un insieme di tecnologie convergenti (robotica, intelligenza artificiale, *deep learning* e *machine learning*) in grado di comprendere e valutare alcuni aspetti dell'ambiente di riferimento e, quindi, di condurre una vasta gamma di attività militari con un variabile grado di autonomia",

sono quelli di:

- acquisire (processare e analizzare) grandi quantità di informazioni in tempi sempre più compressi;
- accelerare i processi decisionali;
- sostenere il ritmo delle operazioni;
- ridurre i rischi per la vita umana;
- incrementare l'efficacia e ridurre i tempi di reazione e adattamento dello strumento militare in risposta al rapido evolvere della minaccia.

Pertanto, soluzioni omnicomprehensive e strutturate tese allo sviluppo di tecnologie manuali, semiautonome o autonome nel campo dell'automazione con particolare riferimento ai RAS, sebbene con le limitazioni

dettate da un livello ancora relativamente basso di maturità tecnologica³⁸ e limitazioni di natura etico-giuridica, consentirebbero di **cambiare in maniera sostanziale l'approccio della componente terrestre alla pianificazione, gestione e condotta delle operazioni militari.**

Al contrario, la scelta di non sviluppare tali tecnologie a supporto delle operazioni darebbe luogo al seguente **rischio associato progressivo:**

- perdita di competitività nella gestione del



FIG. 44- UGV IN ATTIVITÀ DI RICONGNIZIONE

ritmo delle operazioni, soprattutto a causa della ridotta *situational awareness* sul campo di battaglia;

- decremento dell'efficacia dei sistemi d'arma, con particolare riferimento al supporto ai processi di targeting;
- eccessiva esposizione della componente umana a rischi considerati non accettabili dall'opinione pubblica;
- rallentamento della manovra a causa di eccessivo "appesantimento" della componente logistica;
- riduzione del livello di "integrabilità operativa" con i principali partner e alleati europei e NATO, determinati a sviluppare e acquisire quanto prima RAS a supporto delle operazioni;
- progressiva condizione di svantaggio nella competizione con i potenziali avversari.

Delineati dunque i benefici relativi allo sviluppo di tale tecnologie, ovvero i rischi che probabilmente si incontrerebbero nel non farlo, la Forza Armata, analogamente a quanto fatto dai principali partner e alleati, ha delineato i seguenti criteri che permettono di restringere il *focus* su un ristretto *range* di sistemi che:

- prevedano il rispetto del criterio "**human in the loop**", riservando alla componente umana la responsabilità ineludibile di prendere decisioni determinanti, soprattutto quelle relative all'uso della forza letale (l'operato della macchina sarà quindi sempre sottoposto al giudizio umano e solo l'azione approvata dall'uomo diviene un nuovo possibile modello operativo per la macchina³⁹);
- garantiscano un adeguato livello di **maturità tecnologica**, ovvero siano dotati di componentistiche di maturità tecnologica avanzata (TRL6), al fine di attingere queste ultime alle peculiari necessità della F.A., possibilmente a seguito di appropriati cicli di sperimentazione che aiutino a comprendere potenzialità e limiti dell'utilizzo di tali tecnologie nell'ambito di operazioni militari;

³⁸ Al momento lo sviluppo della componente fisica procede a una velocità molto più spedita rispetto allo sviluppo della componente abilitante, quest'ultima non ancora pienamente rispondente alle esigenze della F.A., soprattutto in termini di sicurezza e affidabilità.

³⁹ L'obiettivo dell'automazione sarà quello di dare alla macchina di capacità di raccogliere dati e aggregarli per poi fornirli, nella maniera più rapida e user friendly possibile, all'essere umano incaricato di prendere decisioni in condizioni critiche sulla base dei dati a disposizione.

- abbiano prioritario *focus* sulle **combat function command, intelligence e sustainment**.

possano **percepire come utile, vantaggioso ed efficace l'impiego di RAS**.

Le barriere/limiti evolutivi dei RAS

L'introduzione dei RAS apre a nuove e imprevedibili sfide di fronte alle quali l'Esercito e gli attori esterni al mondo della difesa (accademia e industria) non potranno esimersi dal ricercare risposte efficaci e quanto più possibile strutturali e sinergiche.

Queste sfide possono essere raggruppate in **6 aree tematiche: tecnologia, utilizzatori, sicurezza, etica, normativa, liability**.

Tecnologia

L'evoluzione della tecnologia afferente ai RAS avrà nei prossimi anni un'incredibile sviluppo arrivando a produrre piattaforme e sistemi sempre più sofisticati, efficaci e, potenzialmente, accessibili a molteplici attori, sia statuali sia non statuali. La vera sfida dell'Esercito sarà quella di riuscire a intessere una rete di collaborazioni col mondo industriale e accademico, allo scopo di sviluppare tali RAS nel più breve tempo possibile ed essere in grado di poterli impiegare nell'ambito di operazioni militari terrestri garantendo un elevato grado di sicurezza fisica e affidabilità dal punto di vista operativo. Pertanto, occorrerà:

- indirizzarsi su **tecnologie tendenzialmente disponibili "off the shelf"**, il cui sviluppo non richieda lunghi processi di ricerca e sperimentazione, né tantomeno complicati programmi pluriennali di acquisizione;
- orientarsi, quantomeno nel breve/medio periodo, su **RAS di semplice impiego ("soldier proof")**, che non implicino il totale stravolgimento della dottrina militare vigente, ma che siano preferibilmente volti ad accelerare in maniera incrementale i processi decisionali e supportare la manovra a vantaggio delle unità impegnate nella prima linea del conflitto;
- creare le condizioni affinché tanto la componente operativa della F.A., quanto la **leadership** militare e i principali decisori politici

Utilizzatori

Una piena partecipazione degli utilizzatori di RAS a qualunque titolo costituirà la chiave di successo per l'implementazione di tale tecnologia in ambito militare. RAS poco *user friendly*, il cui impiego richieda elevate competenze tecniche, genererebbero un ulteriore appesantimento del carico di competenze e responsabilità che grava sulla componente umana, producendo resistenza allo sviluppo e alla successiva entrata in servizio di tali sistemi. Dunque, al fine di generare comunità d'intenti e agevolare quanto auspicato con l'entrata in servizio dei RAS, occorrerà:

- **avviare un percorso progressivo di informazione e formazione** nei confronti del personale della F.A. a tutti i livelli;
- **coinvolgere**, fin dalle fasi iniziali della sperimentazione, **il personale utilizzatore**, al fine di riconoscere alla componente operativa della F.A. un ruolo da protagonista nell'ambito dell'avvio di un processo di innovazione radicale e, molto importante, ricevere feedback che consentano di adattare i sistemi alle reali esigenze delle unità a cui è richiesto di operare in prima linea.

Sicurezza

*"Poor RAS security in the cyber domain could compromise our wider networks. **Autonomous systems by very definition operate at times with no human presence, this could provide adversaries with an opportunity to capture and replicate sensitive technology and cryptography.** The vulnerability of autonomous systems to capture can be mitigated through human machine teaming. Systems that incorporate artificial intelligence and deep learning algorithms could be susceptible to enemy manipulation and so we must be careful to ensure the process and technology is employed in a secure manner⁴⁰"* .

⁴⁰ Keith Mallon, Beyond prototype warfare, 2019, www.qinetiq.com/blogs/2019/09/beyond-prototype-warfare.

Sebbene l'introduzione in servizio di qualsiasi sistema innovativo richieda il rispetto degli standard di sicurezza dettati dalle preposte articolazioni della Difesa, l'acquisizione di RAS apre la strada a territori ancora in buona parte inesplorati e pone difficili quesiti. È possibile che i tradizionali sistemi di verifica degli standard di sicurezza dei sistemi di nuova acquisizione non siano compatibili con i RAS. Pertanto, solo una progressiva e graduale introduzione in servizio dei RAS, accompagnata da un'adeguata sperimentazione, potrà facilitare l'entrata in linea di tali sistemi e ridurre i rischi connessi col loro impiego.

Etica

Uno dei temi centrali sul quale sono richieste profonde riflessioni circa l'impiego di RAS, è riferito alle **implicazioni di natura etica** derivanti dall'impiego di tali tecnologie in situazioni di conflitto. L'impiego di sistemi in grado di riprodurre in maniera autonoma azioni a supporto del combattente, contro il combattente o addirittura in sua sostituzione, genera non poche preoccupazioni nell'opinione pubblica e spesso anche in alcuni filoni di pensiero all'interno del mondo accademico: al momento, non esiste una chiara risposta ai quesiti di natura etica, né è stato determinato un preciso limite da riconoscere quale invalicabile nell'impiego di tali tecnologie per scopi militari. Ad ogni modo, qualsiasi sia l'evoluzione che seguiranno tali argomentazioni, esse non potranno prescindere dalla considerazione di tre postulati⁴¹:

- **l'integrità etica dei governi occidentali nell'esercizio della forza** (*"potential adversaries will not hesitate to use any technology to gain an operational advantage. But we should avoid entering into a "race to the bottom" that is to say, we must maintain our ethical and moral standards while developing technological*

solutions that allow us to counter such adversaries without stooping to their level⁴²");

- l'impossibilità di fermare **l'incalzante incedere del progresso tecnologico**;



FIG. 45 - RAS A SUPPORTO DEL COMBATTENTE E IMPLICAZIONI DI NATURA ETICA

- la necessità di dare luogo ad un **aggiornamento del quadro giuridico di riferimento**, a supporto dell'impiego di queste tecnologie in ambito militare.

Normativa

Dal punto di vista puramente normativo il quadro giuridico internazionale e nazionale relativamente alla disciplina e alla gestione dei RAS si presenta quanto mai frastagliato e disomogeneo.

⁴¹ Più in generale il DOD americano con il documento denominato *"AI Principles Recommendations on the ethical use of artificial intelligence by the Department of Defence"*, introduce il rispetto di alcuni principi a cui l'etica debba in qualche maniera ispirarsi nell'approcciare ad un campo nuovo e inesplorato come quello dell'intelligenza artificiale o più in generale nel mondo dell'automazione. In particolare vengono enunciati i seguenti goals come indicanti dei comportamenti che dovrebbero ispirare l'uomo nell'utilizzo di tale tecnologia: *responsible; equitable; traceable; reliable; governable*.

⁴² Keith Mallon, *Beyond prototype warfare*, 2019, www.qinetiq.com/blogs/2019/09/beyond-prototype-warfare.

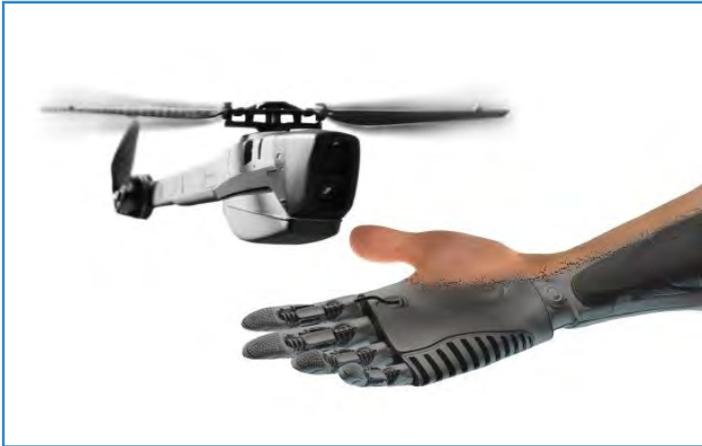


FIG. 46 - UAV E METAMATERIALI

La complessità di stabilire limiti e responsabilità di macchine non del tutto governate dall'uomo, come appunto i RAS, rappresenta una sfida internazionale caratterizzata da posizioni non unanimesi che riguardano: l'elaborazione di una definizione universalmente riconosciuta di sistema/arma autonomo e la necessità di acquisire un quadro normativo di riferimento comune per la ricerca lo sviluppo e l'impiego di tale tecnologia, sia in ambito militare sia in ambito civile. Un quadro normativo completo, soddisfacente, rispondente alle necessità del progresso è **indispensabile a dare il necessario impulso** al mondo della ricerca e sviluppo e al comparto industriale, stimolato in primo luogo dalla certezza del profitto. **Adeguare i dogmi e le restrizioni dettate dalla Conferenza di Ginevra e dal diritto umanitario internazionalmente riconosciuto sarà certamente la sfida del prossimo futuro.**

Liability

Una difficile sfida da vincere nell'ambito dello sviluppo di un adeguato quadro di riferimento normativo, sarà quella della definizione di chi è effettivamente **responsabile delle azioni prodotte dai RAS tra colui il quale ha brevettato e prodotto il sistema e colui il quale**

lo ha fisicamente impiegato (specie se in circostanze che non erano state previste in fase di progettazione e sviluppo del sistema).

Tale dibattito pone in rilevanza il tema della *liability* e della *accountability*⁴³, dove, al momento, non esiste una giurisprudenza consolidata in ambito internazionale. Tale stato di fatto ha fino ad oggi determinato:

- ritardi nell'avvio di programmi strutturati di sperimentazione di RAS, a fronte di una affannosa ricerca di misure in grado di prevedere eventuali *gap* e/o malfunzionamenti;
- difficoltà nell'impiego di RAS che richiedono un elevato livello di competenza specialistica, allo scopo di attuare complesse procedure di sicurezza;
- remissività da parte della *leadership* a impiegare RAS di cui non si comprendono a pieno le dinamiche di funzionamento e per i quali non è chiaro come vengono ripartite le responsabilità;
- diffidenza da parte dell'opinione pubblica circa i potenziali effetti prodotti dalla incapacità dell'uomo di rimanere in controllo delle macchine.

[4.5. Sensoristica avanzata e Intelligenza Artificiale a supporto della medicina preventiva: applicazioni per la Difesa \(a cura G. Sechi⁴⁴, A. Bonfiglio⁴⁵, G.L. Foresti⁴⁶\)](#)

La digitalizzazione dei dati e, più in generale, la rivoluzione dei big data, unitamente allo sviluppo incessante di sensori avanzati per il rilevamento di numerosi parametri biologici hanno introdotto un profondo cambio di paradigma nel campo medico e rappresentano un fattore decisivo per un effettivo sviluppo

⁴³ La *liability* è definita come: "the fact that someone is legally responsible for something" mentre l'*accountability* come "the fact of being responsible for what you do and able to give a satisfactory reason for it, or the degree to which this happens" (Rif. Dizionario Cambridge online, <https://dictionary.cambridge.org/it/>).

⁴⁴ Centro di Ricerca, Sviluppo e Studi Superiori in Sardegna – CRS4, Responsabile Ricerca Dual Use.

⁴⁵ Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Università di Cagliari.

⁴⁶ Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche (DMIF), Direttore del Master in Intelligence e ICT, Università di Udine.

nella direzione della medicina personalizzata. In tale scenario, uno dei fenomeni di maggiore interesse a cui si assiste è l'esigenza di poter acquisire e visualizzare facilmente le informazioni relative alla propria salute, ad esempio attraverso l'uso di *app* dedicate o piattaforme che siano in grado di garantire un elevato flusso di dati in modo automatico e certificato dalle sorgenti (pubbliche o private)



FIG. 47 - ATTIVITA' SANITARIE SUL TERRITORIO NAZIONALE

di tali dati verso un *repository* personale, senza necessità di intervento umano e riducendo il rischio di errori dovuti a inserimenti manuali.

Date le sottili questioni che tale esigenza pone, in particolare in relazione alla raccolta e gestione dei dati, negli anni l'interesse verso queste tematiche è cresciuto a livello istituzionale⁴⁷, nella comunità tecnica e scientifica⁴⁸ e nell'opinione pubblica⁴⁹, dando un importante impulso all'attività di R&S in molteplici ambiti come, ad esempio, quello dei *Personal Health Record (PHR)*⁵⁰.

Sorvolando sulle pur rilevanti problematiche di natura giuridico-normativa, rileviamo che su un piano strettamente tecnico, tale attività ha condotto da una parte a soluzioni che rendono possibile integrare e visualizzare dati generati da sorgenti eterogenee (datiacquisiti

automaticamente da dispositivi di monitoraggio, dati forniti da istituzioni cliniche, dati inseriti direttamente dall'utente). Dall'altra ha condotto alla possibilità di creare delle basi dati digitali atte a supportare l'utilizzo di applicazioni di intelligenza artificiale, funzionali a garantire un efficace monitoraggio delle condizioni di salute del singolo individuo e a rilevare, e addirittura prevenire, con precisione e accuratezza l'insorgere di possibili elementi di "criticità".

Questi trend di R&D potrebbero avere interessanti applicazioni anche nel contesto militare intervenendo, nello specifico, su alcuni importanti ambiti tanto dell'attività ordinaria, quanto del processo di innovazione dell'Esercito.

La possibilità di creare per ogni singolo militare un archivio personale, un "*virtual drawer*" indipendente dalle fonti che generano i dati ma in grado, sin dal primo giorno di scuola militare, di raccogliere in maniera sistematica, aggregare, integrare e rendere fruibili i dati ritenuti rilevanti ai fini della salute, dei parametri psico-attitudinali e della storia clinica, può risultare un indispensabile strumento per il monitoraggio ordinario delle condizioni di salute del militare e per una valutazione più accurata dei soggetti ai fini dell'impiego in teatro operativo.

Un secondo ambito in cui questi trend di ricerca potrebbero trovare proficua applicazione è quello dell'attività addestrativa. Importanti documenti programmatici e di indirizzo, come ad esempio il *Future Operating Environment post 2035* (2019), indicano nel fattore umano "l'unico e fondamentale elemento di controllo sulle

⁴⁷ Vd. US Government n.d. [53], Ministero_Pubblica_Ammministrazione 2016 [43], US Institute of Medicine 2011 [54].

⁴⁸ Vd. Tang, et al. 2005 [51], Kaelberg, et al. 2008 [37], Detmer, et al. 2008 [29], Entzeridou, Markopoulou and Mollaki 2018 [31].

⁴⁹ Vd. Markle Foundation 2003 [39], Ford, Hesse and Huerta 2016 [32], Markle Foundation 2008 [40], Cronig 2006 [27].

⁵⁰ Pur non essendoci una definizione univoca – ne esistono molteplici e dipendono dagli ambiti di utilizzo – si veda, ad es. (ISO/TR_14292:2012. n.d.), (American Health Information Management Association n.d., National Cancer Institute n.d.)– genericamente per PHR si intende un sistema che supporti l'individuo nella conservazione e nella fruizione dei dati che lo riguardano, con particolare attenzione a quelli relativi alla storia clinica, al benessere e allo stile di vita, offrendo anche la possibilità di un inserimento diretto e di una condivisione delle informazioni raccolte con soggetti selezionati e autorizzati.

componentistiche tecnologiche complesse” (pag. 9) e, nella riflessione sulle implicazioni militari strategiche che caratterizzeranno i futuri trend di sviluppo capacitivo, danno ampia rilevanza al tema dell’addestramento (pag. 23).

In tale prospettiva acquisisce un valore centrale la qualità dell’attività addestrativa che, proprio per essere più performante e fornire risposte più puntuali circa il livello di addestramento individuale, fa ricorso con sempre maggiore forza alla dimensione della simulazione e della virtualizzazione.

L’Esercito ha portato avanti in anni recenti il programma Sistema Integrato per l’Addestramento Terrestre (SIAT) che, partendo da un’importante attività di infrastrutturazione dei poligoni e di acquisizione di tecnologie di mercato, permette di simulare scenari addestrativi realistici, anche di tipo urbanizzato e caratterizzato dalla presenza di minaccia ibrida (ad es. CBRN⁵¹), potendo impiegare tutti i livelli operativi e, attraverso la federazione dei poligoni, coinvolgendo i più alti livelli di

SIAT, rendendo possibile la comparazione tra il comportamento dell’operatore sottoposto a condizioni di forte *stress* e il contestuale andamento dei principali parametri fisiologici, permettendo in tal modo di valutare se e come variazioni di questi ultimi possono incidere sulla corretta esecuzione del processo decisionale.

Posto quindi che dal punto di vista tecnico esistono già soluzioni che permettono la raccolta di queste tipologie di dati, diventa interessante effettuare una rapida ricognizione sullo stato delle cose nei due ambiti di ricerca che concorrono allo sviluppo di tale tematica:



FIG. 48 - PERSONALE SANITARIO DELLE TRUPPE ALPINE, ANA E PROTEZIONE CIVILE DURANTE UN’ATTIVITÀ ESERCITATIVA DI SOCCORSO A UN FERITO IN ACQUA

comando⁵². Tale sistema permette di analizzare, in condizioni di elevato *stress* operativo, le scelte, il comportamento, le azioni, le reazioni del singolo militare e quindi, in ultima istanza, il livello e la qualità del suo addestramento.

In tale scenario la possibilità di raccogliere e integrare dati relativi ai principali parametri biomedici, monitorarne l’andamento e interpretarne le eventuali variazioni col ricorso alle tecniche avanzate di Intelligenza Artificiale, rappresenta un’importante linea di sviluppo. Essa infatti aggiungerebbe profondità alle possibilità di analisi date dalle tecnologie del

la sensoristica avanzata per la raccolta e trasmissione dei dati biomedici; le tecniche di Intelligenza Artificiale, quali il *Machine e il Deep Learning*, utili all’interpretazione automatica dei dati e al supporto al processo decisionale. A tale ricognizione saranno dedicati i prossimi due paragrafi.

⁵¹ Chemical, Biological, Radiological and Nuclear.

⁵² Vd. Programma Sistemi Integrati per l’Addestramento Terrestre (SIAT) avviato nel 2014.

Sensoristica avanzata

Nel corso della sua storia, la medicina diagnostica si è evoluta con una stretta correlazione rispetto a quelli che erano gli strumenti a disposizione del medico⁵³. Da Ippocrate in poi, superata la fase “non scientifica” della medicina, il compito del medico è stato quello di studiare i segni della malattia, di cercarne le cause e infine di trovare una cura. Per tutti questi passaggi, fondamentale è la fase di osservazione del corpo umano e, dipendentemente dagli strumenti messi a sua disposizione dalla tecnologia, la medicina ha segnato diversi stadi di evoluzione. Il primo e più semplice strumento sono i sensi del medico. Lentamente, nel tempo, l’evolgersi del sapere tecnologico ha permesso lo sviluppo di strumenti di monitoraggio via via più complessi, a partire da quegli strumenti che consentono il potenziamento dei sensi umani (le lenti ottiche, lo stetoscopio, sono tipici esempi di strumenti che servono a potenziare le capacità sensoriali del medico) fino ad arrivare a strumenti che sostituiscono in toto l’operatore umano (ad esempio, il radiografo o l’elettrocardiografo) consentendo al medico di avere informazioni su variabili non direttamente osservabili con i sensi umani. Più recentemente, ai progressi della tecnologia medica si sono affiancati quelli delle telecomunicazioni e questo ha consentito di pensare a sistemi di valutazione della malattia in cui l’operatore umano non deve necessariamente essere in prossimità del malato per poter effettuare una diagnosi. Questo è il caso della telemedicina. Infine un’ultima frontiera è stata superata quando hanno iniziato a diffondersi sistemi di monitoraggio del corpo umano che, a tutte le potenzialità descritte in precedenza, affiancano un’importante caratteristica ovvero la possibilità di osservare il corpo umano senza perturbarne la funzione in nessun modo, facendo uso di strumenti di monitoraggio impercettibili in quanto incorporati negli indumenti, ovvero in un substrato che per sua natura si trova in continuo contatto con il

corpo. Il monitoraggio attraverso dispositivi indossabili sta perciò conoscendo una fase di grande espansione, anche perché consente di ottenere in tempo reale una grande quantità di informazioni specifiche riguardo lo stato di salute del soggetto osservato nella sua vita reale con un grande vantaggio non solo in termini di accuratezza dell’osservazione ma anche in termini di abbassamento dei costi relativi al trattamento clinico del paziente, dal momento che, per moltissime patologie (ad esempio tutte quelle considerate croniche) non risulta più strettamente necessaria l’ospedalizzazione, almeno per molti dei controlli di *routine*. Ciò che è vero per un paziente propriamente definito, risulta a maggior ragione utile per tutti quei soggetti in cui il monitoraggio risulta legato a necessità di controllo nel corso della vita attiva del soggetto, come ad esempio gli sportivi oppure coloro che per ragioni di lavoro si trovano esposti a possibili rischi ambientali o situazioni emozionalmente probanti come, ad esempio, militari in fase di *training* oppure di azione.

I primi esempi di sistemi di monitoraggio indossabile emergono grazie alla miniaturizzazione dei sistemi elettronici: l’elettronica da portatile diventa indossabile quando le dimensioni fisiche dei blocchi base della strumentazione elettronica diventano così piccole da essere facilmente integrabili all’interno di *packaging* inseribili negli indumenti. Il problema di integrazione si risolve lavorando sul *packaging* elettronico e sull’indumento (che viene dotato di tasche, fodere, etc. per consentire un’integrazione invisibile della componente elettronica). È questo il caso ad esempio delle uniformi per i Vigili del Fuoco sviluppate all’interno del progetto Europeo *Proetex*⁵⁴, in cui sensori elettronici di varia natura unitamente ad antenne tessili e a sistemi di comunicazione venivano integrate all’interno dell’uniforme per consentire un monitoraggio costante sia delle condizioni dell’individuo sia di quelle

⁵³ Vd. McAdams 2011[42].

⁵⁴ Vd. <http://www.proetex.org>.

dell'ambiente circostante, potenzialmente ostile. Nel caso delle variabili collegate alla salute, ad esempio il battito cardiaco o il tracciato elettrocardiografico (ECG), è necessario che la misura avvenga a diretto contatto con il corpo umano. Perciò nasce l'esigenza di sviluppare indumenti che garantiscano la perfetta adesione tra il sensore e il corpo. I primi elettrodi passivi per la misura dell'ECG sono elettrodi metallici, realizzati con particolari tipi di filato metallico, direttamente inserito nell'indumento in fase di lavorazione⁵⁵. Questo tipo di filato presenta due sfide a causa delle sue caratteristiche peculiari: una di natura tecnologica (la lavorazione diventa più complessa perché richiede un cambio di filato durante la preparazione del tessuto) e una di natura funzionale (il filo metallico è un conduttore di elettroni e l'interfaccia con i tessuti biologici, conduttori di ioni, è caratterizzata da un elevato valore dell'impedenza di contatto; per questo motivo l'elettrodo necessita, per poter realizzare misurazioni affidabili del segnale ECG, di un cuscinetto di gel elettrolitico che faciliti lo scambio di carica e dunque abbassi l'impedenza di contatto). Una soluzione a tali sfide è data dallo sviluppo di materiali polimerici (conduttori di elettroni e di ioni) con i quali trattare fili tessili di varia natura (cotone e fibre naturali ma anche fibre artificiali⁵⁶) rendendoli conduttivi, e realizzando il trattamento non solo su singoli fili ma anche su porzioni di tessuto già formato, o addirittura direttamente sull'indumento già realizzato, aprendo di fatto la strada al concetto di sensore interamente tessile. Con dispositivi di questo tipo si possono integrare negli indumenti sistemi di *sensing* per variabili di vario tipo, dall'ECG⁵⁷, alla misura dell'attività muscolare tramite elettromiografia (EMG)⁵⁸,

a sistemi per misurare l'attività respiratoria tramite misura impedenziometrica⁵⁹. L'attività respiratoria si può anche misurare rilevando l'espansione toracica attraverso fili piezoresistivi (in cui cioè la resistenza del filo varia in funzione della sollecitazione meccanica⁶⁰).

Infine, attraverso sistemi tessili basati su fili conduttivi, è possibile rilevare, attraverso indumenti, la pressione esercitata in certe parti del corpo durante l'esercizio di determinate attività: ad esempio, tramite sensori tessili di pressione⁶¹ è possibile risalire, attraverso la misura della pressione su polpastrelli e palmo della mano, al tipo di sollecitazione meccanica esercitata durante una certa attività ottenendo interessanti informazioni riguardo a possibili evoluzioni patologiche causate da attività particolarmente faticose o disfunzionali⁶². Evoluzioni più recenti⁶³ portano allo sviluppo di dispositivi sempre più complessi, basati sul concetto di *transistor* elettrochimico, e utili per la misura di variabili biochimiche. Questo tipo di dispositivi può essere utilizzato ad esempio per una caratterizzazione chimica dei liquidi corporei, in particolare del sudore, capace di dare informazioni utili non solo sullo stato di salute della persona ma anche sul suo livello di *stress* emotivo.

Intelligenza Artificiale: dal *Machine Learning* al *Deep learning*

L'analisi e l'elaborazione di grandi quantità di dati, come quelli che si possono ottenere dal monitoraggio con sensori indossabili in tempo reale dei dati biologici di un militare durante le normali attività di addestramento o in azione sul

⁵⁵ Vd. Lanatà, Scilingo and Tognetti 2011 [38].

⁵⁶ Vd. Mattana 2011 [41].

⁵⁷ Vd. Pani, Achilli and Bonfiglio 2018 [46].

⁵⁸ Vd. Pani, Achilli and Spanu, et al. 2019 [47].

⁵⁹ Vd. Pacelli, Loriga and Paradiso 2007 [45].

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ Vd. Saenz-Cogolio, et al. 2016 [48].

⁶² Vd. Tessarolo 2018 [53].

⁶³ Vd. Gualandi, et al. 2016 [34].

campo operativo, richiedono l'uso di complesse architetture di *Machine e Deep Learning*⁶⁴ in grado di apprendere automaticamente il comportamento normale o anomalo di tali dati.

La maggior parte degli algoritmi di apprendimento automatico utilizza l'apprendimento supervisionato⁶⁵. Le tecniche supervisionate presuppongono la disponibilità di un grande insieme di dati per ciascuno dei quali devono essere note le rispettive classificazioni. Ad esempio, nel caso dei dati biologici di un militare in attività di addestramento, tali tecniche richiedono di conoscere per ogni set di dati acquisiti in un determinato intervallo temporale la specifica classificazione in situazione normale o situazione anomala. L'approccio tipico in questi casi è quello di costruire un modello predittivo per classi normali vs classi anomale. Qualsiasi nuova istanza di

attività fisiche di un militare potrebbe essere molto grande (si pensi ad esempio a serie di dati temporali generati da un elettrocardiogramma - ECG) e quindi richiedere enormi risorse, l'approccio non supervisionato potrebbe rivelarsi maggiormente adatto al contesto militare. Le tecniche che operano in modalità non supervisionata⁶⁷ non richiedono dati di *training* e sono quindi più semplici da applicare, anche in contesti operativi complessi quale quello militare. Le tecniche di questa categoria partono dal presupposto implicito che le istanze normali



FIG. 49 - POSSIBILE AREA DI OPERAZIONE POST 2035

dati acquisiti viene confrontata con il modello per determinare a quale classe appartiene. Ci sono due principali criticità che sorgono nella rilevazione supervisionata dell'anomalia. In primo luogo, le istanze anomale sono molto meno numerose rispetto alle normali istanze dei dati considerati normali. In secondo luogo, la disponibilità di classificazioni accurate e rappresentative, specialmente per la classe di anomalia, non è sempre ottenibile in modo semplice⁶⁶.

Considerando che la quantità di dati da associare a una determinata classe (*labeling*) nel contesto del monitoraggio con sensori indossabili delle

sono molto più frequenti di quelle anomale nei dati di *test*. Se questa ipotesi non è vera, tali tecniche soffrono di un'elevata percentuale di falsi allarmi. L'obiettivo dell'apprendimento non supervisionato è quello di modellare la struttura o la distribuzione presente nei dati al fine di determinare delle somiglianze strutturali. A differenza dell'apprendimento supervisionato, non ci sono risposte corrette predeterminate e non vi è un insegnante (*trainer*) che corregge le risposte errate.

Dall'analisi dei dati biologici di un militare in fase addestrativa o in operazioni, la classificazione di possibili anomalie nell'andamento dei dati può

⁶⁴ Vd. Goodfellow, Bengio and Courville 2016[33], Bengio, LeCun and Hinton 2015[25], Schmidhuber 2015 [49], Deng and Yu 2014[28].

⁶⁵ Vd. Sen, Hajra and Ghosh 2020 [50], Dong, et al. 2020 [30].

⁶⁶ Vd. Bekker and Davis 2020 [24].

⁶⁷ Vd. Wilson and Cook 2020 [56].

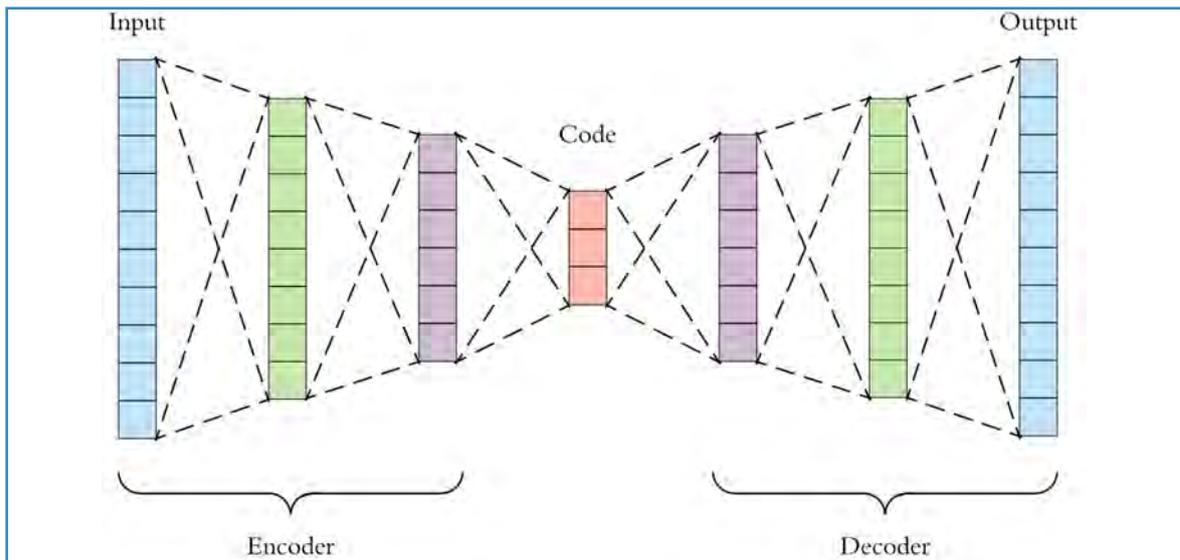


FIG. 50 – ARCHITETTURA LOGICA DI UN *AUTOENCODER*.

essere

imputabile a differenti fattori quali le effettive condizioni anomale del soggetto monitorato, errori di strumentazione, di trasmissione o di registrazione dei dati. Al fine di ridurre possibili errori di trasmissione o registrazione dei dati, i sistemi possono far uso di tecniche basate su *blockchain* o appropriati algoritmi di cifratura.

Recentemente, sono state sviluppate interessanti reti neurali artificiali, dette *autoencoder*, in grado di apprendere codifiche di dati in modo non supervisionato⁶⁸. Tali reti sono in grado di generare nuovi dati dapprima comprimendo i dati di *input* in uno spazio di variabili latenti e, successivamente, ricostruendo l'*output* sulla base delle informazioni acquisite dai dati. Un *autoencoder* è composto da due parti (Figura 50): (a) *Encoder*: la parte della rete che comprime l'*input* in uno

spazio di variabili

latenti e che può essere rappresentato dalla funzione di codifica $h=f(x)$; (b) *Decoder*: la parte che si occupa di ricostruire l'*input* sulla base delle informazioni precedentemente raccolte e che è rappresentato dalla funzione di decodifica $r=g(h)$.

L'obiettivo dell'*autoencoder* è quello di ottenere un apprendimento delle caratteristiche più rilevanti per la ricostruzione dell'*input* (spazio di variabili latenti h) con il minor numero di informazioni possibili (riducendo di fatto lo spazio delle variabili h).

Tradizionalmente gli *Autoencoder*⁶⁹ venivano usati per la riduzione delle dimensioni dell'*input* e l'apprendimento di specifiche. Più recentemente questi modelli si sono dimostrati efficaci per scopi generativi⁷⁰, anche grazie alle analogie tra

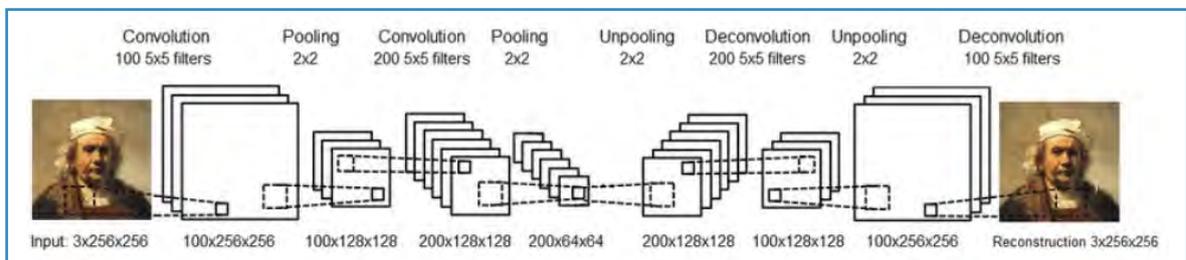


FIG. 51 – ARCHITETTURA LOGICA DI UN *AUTOENCODER* DI TIPO CONVOLUZIONALE (*DEEP LEARNING*).

⁶⁸ Vd. Zhao, et al. 2018 [57].

⁶⁹ Vd. Vincent, et al. 2008 [55].

⁷⁰ Vd. Bengio, Yao, et al. 2013 [26].

autoencoder e modelli statistici (Figura 51).

I recenti sviluppi delle prestazioni dei sensori wearable e delle nuove tecniche di Intelligenza Artificiale in grado di processare e classificare grandi quantità di dati aprono interessanti scenari anche nel campo militare sia per il monitoraggio e la prevenzione di possibili evoluzioni clinicamente rilevanti delle condizioni di salute del singolo militare in relazione ai parametri psico-attitudinali e alla sua storia clinica, sia per una maggiore efficacia delle attività addestrative in linea con quanto previsto dal programma SIAT– Sistema Integrato per l’Addestramento Terrestre.

L’integrazione dei dati generati da sorgenti eterogenee quali i dati acquisiti autonomamente da dispositivi di monitoraggio *wearable*, i dati forniti da istituzioni cliniche, i dati inseriti direttamente dall’utente permettono di creare basi di dati digitali (un “*virtual drawer*”) atte a supportare l’utilizzo di innovative tecniche, basate su machine e *deep learning*, funzionali a garantire un efficace strumento per il monitoraggio ordinario delle condizioni di salute del militare e per una valutazione più accurata ai fini dell’impiego in teatro operativo. Trasferite in contesto addestrativo, tali possibilità aggiungerebbero profondità alle capacità di analisi date dalle tecnologie del SIAT, rendendo possibile la comparazione tra il comportamento dell’operatore sottoposto a condizioni di forte *stress* e il contestuale andamento dei principali

parametri fisiologici, permettendo in tal modo di valutare se e come variazioni di questi ultimi possono incidere sulla corretta esecuzione del processo decisionale.

[4.6. Le potenzialità del 5G: coperture e QoS per applicazioni della difesa \(a cura del Dott. Fabio ROTICIANI – TIM\)](#)

Il 5G non rappresenta solo una evoluzione degli *standard* tecnologici di telefonia mobile, ma una vera rivoluzione che aprirà a una nuova generazione di servizi utili per lo sviluppo digitale del Paese e che miglioreranno di conseguenza le potenzialità dei servizi dell’Amministrazione Difesa. La nuova tecnologia porterà infatti ad una trasformazione della rete fissa e mobile, con prestazioni 10 volte superiori a quelle attuali: maggiore velocità di *download* fino a 20Gbps, minor latenza fino a raggiungere 1ms-4ms di latenza, maggiore densità di dispositivi gestiti per connettere simultaneamente fino a 1 milione di *device* e sensori per Km² con altissima qualità e affidabilità e capacità di gestione delle comunicazioni con dispositivi e mezzi che si muovono fino a 500Km/h.

Queste caratteristiche, congiuntamente alle nuove frequenze messe a disposizione per la trasmissione radiomobile nella banda 700Mhz e nelle bande 3,6-3,8 GHz e quella 26,5-27,5 GHz e alle possibilità di introduzione di meccanismi di QoS, consentono lo sviluppo di



FIG. 52 – 5G SLICING - APPLICAZIONI TATTICHE

nuove applicazioni e scenari di servizio operativi e tattici che saranno presentati nei paragrafi successivi.

La QoS nelle reti mobili 5G

I servizi di rete mobile attualmente disponibili sono servizi di tipo *general purpose*, ovvero nati per garantire gli stessi livelli e la stessa qualità di servizio a tutti gli utenti. Nel corso degli anni e con la crescente diffusione di applicazioni in mobilità, si è sviluppata a livello mondiale una crescente richiesta di servizi, anche da parte di Pubbliche Amministrazioni che svolgono il ruolo di Pubblica Sicurezza, che possano garantire una qualità superiore a quella della rete commerciale e una possibile segregazione del traffico.

A tal fine l'ente di standardizzazione ha introdotto già nel 4G le funzionalità tipiche delle reti radio *mission critical* in uso alle Forze di Polizia e alle Forze Armate (es. reti TETRA), rendendo molti servizi quali servizi *Mission Critical Push to Talk*, *Mission Critical Video*, *Device to Device Communication*, *Device to Device Relay* già disponibili sulle reti radiomobili attuali.

Il 5G estende ulteriormente tali funzionalità permettendo anche la realizzazione di *network*

slicing. La necessità del *network slicing* nasce dal fatto che alcuni particolari tipologie di applicazioni potrebbero avere necessità di disporre di una rete configurata nella maniera ottimale e differenziata per il proprio traffico. Con lo *slicing* questo è diventato possibile, l'applicazione vede una "*slice*", una porzione virtuale della rete fisica e non quest'ultima nella sua totalità. In realtà le *slice* sono due, perché il *network slicing* prevede per maggiore elasticità una virtualizzazione distinta per la parte di accesso e per la parte di core.

Il *network slicing* nella parte di core è più intuitivo perché i principi di base sono gli stessi delle *Software Defined Networks* e l'elemento chiave è la virtualizzazione delle funzioni di rete (NFV, *Network Function Virtualization*), che vengono eseguite nel *cloud* privato dell'operatore mobile garantendo anche elementi evoluti di automazione, orchestrazione e sicurezza. Il *network slicing* della parte RAN (*Radio Access Network*) è meno demarcato perché nella parte di accesso radio non è applicabile una separazione completa del *control plane* e dello *user plane*. Lo *slicing* avviene invece associando a ogni singola slice alcune specifiche regole di gestione del traffico nella parte radio che consentono di definire priorità e latenze differenziate.



FIG. 53 - VEICOLO EQUIPAGGIATO CON SISTEMA C2 DIGITALIZZATI

Il vantaggio che può portare il *network slicing* all'Amministrazione è che le *slice* della rete fisica sono anche isolate fra loro e questo ad esempio garantisce sia una maggiore sicurezza delle comunicazioni sia la possibilità di modificare il funzionamento di una *slice* senza impattare su quello delle altre, permettendo quindi allo stesso tempo sicurezza e segregazione delle comunicazioni all'interno della rete e gestione controllata delle interazioni verso l'esterno della rete tramite punti di interconnessione definiti controllati.

La Copertura della rete 5G

Il 5G introduce nuove frequenze di diffusione oltre a quelle già standardizzate in ambito 4G (900Mhz, 1800Mhz, 2100Mhz, 2600Mhz) ovvero le frequenze 700Mhz, 3700 Mhz e 26 GHz. Le nuove frequenze messe a disposizione degli operatori consentiranno di raggiungere in pochi anni percentuali di copertura del territorio superiori a quelle del 4G.



FIG. 54 – ESEMPIO DI ROBOT PER PATROLLING IN OUTDOOR

Le frequenze in banda 700Mhz, in particolare, daranno un forte impulso alla copertura extraurbana e rurale, consentendo una maggiore propagazione e quindi un raggio di copertura maggiore mentre le frequenze

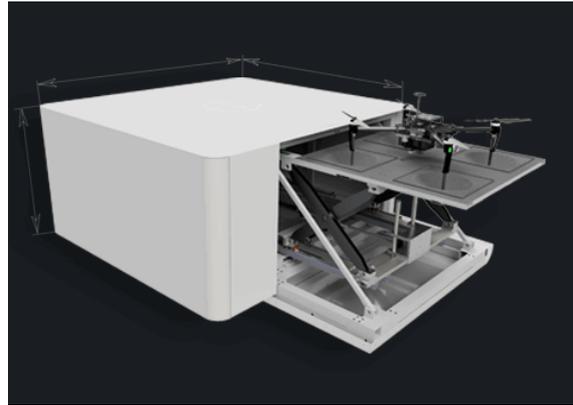


FIG. 55 – ESEMPIO DI DRONE CON HANGAR DEDICATO

a microonde potranno essere utilizzate per garantire o ampliare le coperture tramite: *small cells*, *pico cells* e ripetitori DAS in situazioni critiche quali ad esempio:

- siti che si sviluppano nel sottosuolo;
- siti che per la loro natura dispongono di protezioni che schermano la componente radiomobile;
- mezzi marini, sottomarini, anfibi o terrestri che necessitano di segnale radiomobile all'interno e che deve anche limitarne la propagazione verso l'esterno.

In ambito *outdoor* e in situazioni critiche con coperture non previste o non disponibili, sarà possibile garantire coperture temporanee sia attraverso l'uso di droni ad ala fissa, palloni aerostatici che trasportano delle celle di copertura radio sia attraverso mezzi militari equipaggiati con celle 5G a bordo che possono funzionare come bolla tattica isolata, in grado di comunicare solo all'interno della bolla stessa e verso un centro di controllo, o interconnessa alla rete.

Piattaforme abilitanti ai servizi 5G

La rete 5G e i relativi elementi di rete e di accesso sono i punti di partenza per poter offrire diversi servizi, ma un elemento essenziale è rappresentato dalla predisposizione di piattaforme abilitanti che rappresentano il ponte tra pure funzionalità di rete e servizi verticali applicabili alle situazioni operative.

Un primo esempio è rappresentato dalla possibilità di inserire in rete dei *Service Edge Node*, cioè una componente funzionale distribuita in rete che agganciata al *Telco Edge Node* (che assicura il confinamento locale del traffico) permette l'installazione, esecuzione e manutenzione di componenti SW di elaborazione distribuita (ad es. raccolta di dati/immagini da sensori IoT, elaborazione di modelli predittivi di *Machine Learning*,...).

Il valore del *Edge* (visto come somma delle *Service Edge Node* e del *Telco Edge Node*) è legato alla bassa latenza che può assicurare, alla possibilità di eseguire *local processing*, alla *privacy/sicurezza* (i dati rimangono a questo livello di rete) e alla possibile autonomia in caso di assenza di connettività con il *backbone*.

I *Service Edge Node* possono essere inseriti in rete dell'operatore mobile per coprire una area strategica (es. regione/provincia)-chiamato *Edge on net*, o direttamente presso siti dell'Amministrazione in strutture/aree di interesse – chiamato *Edge on prem*.

Un altro esempio di piattaforma abilitante è la *Cloud Robotic Infrastructure* che può dialogare con una serie di *Robot* e droni compatibili e gestire le loro attività in modalità sinergica, integrando anche eventuali piattaforme video e di *Machine Learning* esterne per portare valore e integrazione tra il mondo robotico e l'intelligenza artificiali/*Machine Learning*.



FIG. 56 – ESEMPIO DI ROBOT PER ISPEZIONI

Analogamente alla *Cloud Robotic Infrastructure* la rete 5G garantirà la predisposizione di piattaforme per la gestione dello *streaming video*, piattaforme di *Computer Vision* per la sua elaborazione usando tecniche basate su *Machine Learning* e piattaforme di *eXtended reality* per le funzioni di *virtual* e *augmented reality* oltre che per la scansione, creazione e riproduzione degli ologrammi.

Descrizione servizi abilitati dal 5G

Patrolling

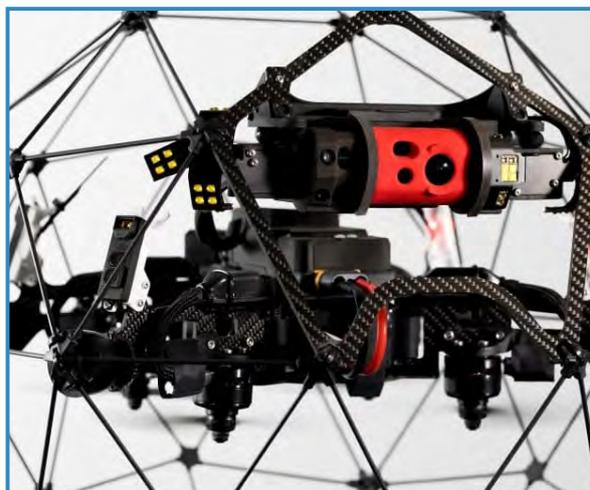


FIG. 57 – ESEMPIO DI DRONE PER ISPEZIONI

Le attività di sorveglianza possono sfruttare ampiamente la rete 5G e l'uso di robot terrestri e droni. I robot terrestri dotati di camere 360°, eventualmente notturne, a infrarossi e termiche, possono effettuare il *patrolling* anche

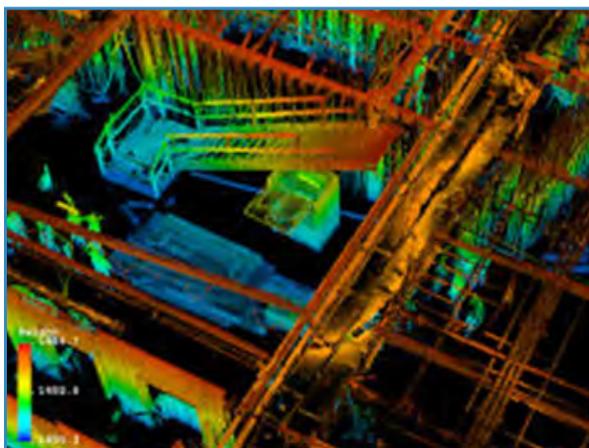


FIG. 58 - MAPPA OTTENUTA DA CAMERA LIDAR

su percorsi sconnessi e, grazie al collegamento, possono mandare immagini ad alta qualità in real time verso un centro di controllo tattico. Ovviamente il flusso video può essere elaborato da soluzioni di *Computer vision* (sia in locale sul Robot, sia in nodi di *Edge-on-prem*) per individuare situazioni anomale (persone, oggetti) e segnalarle all'attenzione dell'operatore. L'integrazione con una unica *Cloud Robotic Infrastrucure* può permettere all'operatore di attivare una missione di un drone automatico (che sarà pronto nel relativo *hangar*) in modalità BVLOS (*Beyond Visual Line of Sight*) che, dotato di altre camere o sensoristica specializzata, permette di integrare la visione del robot terrestre.



FIG. 60 - HOLOLENS: UTILIZZO DI OLOGRAMMI PER ASSISTENZA OPERATIVA

Inspection

Alle soluzioni *outdoor* si affiancano soluzioni *indoor*, sia robotiche sia drone, dedicate alle ispezioni di ambienti pericolosi. In presenza di connettività 5G è possibile fornire flussi video o informazioni dai sensori di cui sono dotati. Uno strumento fondamentale per aree operative che può venire trasportato dai Robot/Droni è il LIDAR, che permette di creare una *Point Cloud* che può essere elaborata in piattaforma per realizzare una mappa tridimensionale dell'ambiente con una precisione millimetrica e che potrebbe essere utilizzata per successive operazioni.



FIG. 59 – HOLOLENS: SOLUZIONE ATTUALE DI VISORI PER MIXED REALITY

Anche in questi casi una piattaforma di gestione robotica centralizzata permetterebbe l'integrazione delle informazioni e dei controlli.

Extended reality

Le soluzioni di realtà virtuale e *mixed reality* possono essere una fondamentale estensione della dotazione personale. La loro integrazione con una rete performante come il 5G e con capacità elaborativa ai bordi come *EDGE* assicura delle applicazioni di notevole interesse quali:

- Addestramento di personale specializzato creando ambienti virtuali analoghi a quelli che dovrà affrontare nella sua attività (esempio area operativa) con la possibilità di creare delle situazioni critiche da gestire. L'addestramento si esegue con il visore che interagisce con la piattaforma in rete che mantiene l'ambiente virtuale;
- *Mixed/Augmented reality*: uso di visori

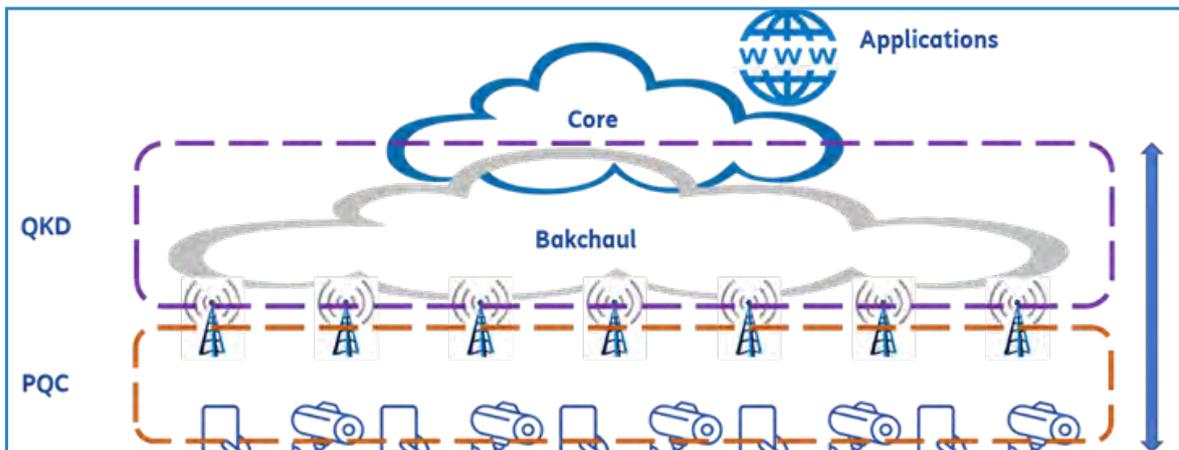


FIG. 61 - ARCHITETTURA A TENDERE PER LA COMUNICAZIONE SICURA

che permettono di associare alla immagine della realtà di fronte alla persona, informazioni aggiuntive che arrivano dalla elaborazione in piattaforma, usando anche tecniche di *Machine Learning*, come individuazione di oggetti, riconoscimento di visi, ...;

- Scansione, gestione, invio e riproduzioni di ologrammi interattivi 3D, che possono essere utilizzati per:
 - scenari di comunicazione immersiva;
 - formazione sull'uso di dispositivi, mezzi e armamenti;
 - assistenza operativa remota on field alla riparazione e utilizzo di dotazioni militari.

Wearable device e Body functiond monitoring

Una rete come il 5G nasce per offrire grande banda, bassa latenza ma anche la capacità di gestire milioni di sensori. Oltre all'ovvio uso di sensoristica distribuita in ambienti tattici grazie alla miniaturizzazione e all'uso di tessuti speciali *wearable* come ad esempio orologi per le comunicazione e la diffusione di informazioni *real-time*, ma anche maglie o fasce per ricevere in tempo reale informazioni sullo stato di salute e sui parametri vitali delle persone che lo indossano ed in grado di rilevare tramite ulteriori sensori giroscopici informazioni su situazioni di *man-down* o di attacco improvviso. In tutti questi casi la rete 5G consente la raccolta dei dati in tempo reale da centinaia di migliaia di sensori e la loro elaborazione in tempo reale a scopo operativo e tattico.

Comunicazione e dati criptati : Post quantum e Quantum Cryptography

La crescita delle capacità elaborative del *Quantum Computer* metterà nei prossimi decenni a rischio la sicurezza degli algoritmi di crittografia più utilizzati sia per la protezione dei dati che per la protezione della comunicazione.

In parallelo si stanno affacciando soluzioni che affrontano questo tema:

- Algoritmi di *Post Quantum Cryptography* (PQC): si tratta di far evolvere gli algoritmi attuali con problemi matematici pensati per inibire l'approccio attuale del *Quantum Computer* (non si usa HW o proprietà quantiche dedicate);
- *Quantum Cryptography*: usa leggi fisiche quantistiche per la comunicazione sicura e intercettabile usando un canale quantico per la trasmissione sicura di chiavi o dati (tecnologia di base è la QKD: *Quantum Key Distribution*).

Queste soluzioni saranno progressivamente introdotte negli standard per poter garantire nel tempo la sicurezza dei dati e delle applicazioni che circolano all'interno della rete.

4.7.L'autonomia dei sistemi nel mondo della Difesa⁷¹ (a cura LEONARDO)

La capacità di fornire un adeguato livello di autonomia alle funzionalità che concorrono ai processi decisionali e attuativi in ambito di Difesa è una delle priorità dei dipartimenti di R&D di molti *player* operanti nel mercato di riferimento.

Soffermandoci sulla definizione di autonomia in ambito difesa, questa può essere declinata con molteplici significati ognuno dei quali pertinenti. L'autonomia può infatti essere associata a sistemi (con tale termine ci si può riferire a una singola piattaforma o a un insieme più complesso costituito da piattaforme, reti, equipaggiamenti, sistema di comando e controllo) con o senza validazione dell'output, ovvero con o senza supervisione di un operatore.

In dettaglio, un sistema può essere in grado di elaborare autonomamente *input* sulla base di un algoritmo di addestramento, definito supervisionato o non supervisionato¹ secondo la metodologia di *machine learning* applicata, producendo come *output* azioni operative attuabili a seguito o meno dell'intervento umano. Dalle descrizioni emerge che l'autonomia nei contesti della Difesa può quindi assumere caratteristiche di **"Autonomia Supervisionata"** ed essere monitorata ed esautorata, se necessario, quando si contempla l'utilizzo di risposte cinetiche rivestendo così un ruolo di ausilio alla gestione della contingenza.

Le differenti sfumature di significato concorrono tuttavia al medesimo obiettivo che è quello di progettare soluzioni che consentano la gestione di ambiti complessi attraverso un numero di supervisori inferiore, con pari o superiore capacità operativa, attraverso un ampio ricorso all'autonomia dei sistemi e dei sottosistemi.

Una delle metodologie impiegate negli sviluppi di tecnologia è definire *building blocks* necessari a fornire uno strato di autonomia *"general*

purpose" basato su sistemi cognitivi e logici. Tali sistemi saranno adattabili a molteplici contesti operativi andando a replicare gli schemi di addestramento e risposta, connessa ad *array* di stimoli complessi, che possono definire una reazione adattiva al contesto contingente. L'introduzione di questi sistemi è ovviamente funzionale alla capacità di *testing*, di affidabilità e, non ultima, di accettazione da parte dei vari *stakeholders* supervisor delle istanze nelle realtà proposte.

La tecnologia autonoma può essere ulteriormente declinata come supporto alle attività cognitive e decisionali o come "allarme" in condizioni di particolari scenari. Il ricorso a tecniche di intelligenza artificiale (AI) ha un decorso di oltre 60 anni con risultati non sempre in linea con le aspettative. Solo negli ultimi 20 anni, grazie anche al *boost* fornito da aziende di servizi *internet* e del settore automobilistico, si è assistito a notevoli miglioramenti della tecnologia autonoma in ambito militare come ad esempio i sistemi senza pilota e la capacità di elaborare grandi quantità di informazioni e dati. Infatti, i nuovi sistemi di comando e controllo (C2) dovranno gestire un insieme di dispositivi *manned e unmanned* inter-operanti che raccoglieranno elevate quantità di dati. Questa incredibile quantità di dati dovrà prevedibilmente essere correlata con informazioni di tipo esterno e *"open-source"*, ovvero informazioni di tipo governativo e di altra natura non gestibili in maniera convenzionale. In particolare, sono in fase di sviluppo filosofie di autonomia basate su:

- *Big-data management and analysis* per gestire tutti i flussi di informazione;
- *Data Link* per assicurare non solo l'interoperabilità fra i vari mezzi ma anche la velocità di trasmissione di dati e immagini;
- tecniche di integrazione dei dati e di informazioni attraverso nuovi approcci per *Human Machine Interface* al fine di non sovraccaricare gli Operatori;

⁷¹ Riferimento: Supervised vs. Unsupervised Learning - Understanding the differences between the two main types of machine learning methods.



FIG. 62- ATTIVITÀ DI ROUTE CLEARANCE IN OPERAZIONE ALL'ESTERO

- algoritmi e architetture basate su intelligenza artificiale la cui applicazione è prevista anche per i seguenti **use case**:
 - la gestione autonoma dei mezzi **unmanned**;
 - il supporto ai “*decision makers*”, presentando una lista sintetica di possibili opzioni sulla base di scenari;
- gestione di assetti complessi in reti complesse, flessibili e affidabili;
- velocità e accuratezza decisionale.

Con particolare riferimento alle problematiche di *decision making*, sono state identificate delle funzioni specifiche la cui implementazione è basata su livelli crescenti di autonomia. Tra questi vi sono la classificazione, ovvero *assessment* delle minacce, la generazione di scenari di *training*, l'analisi e la comprensione della situazione con relativa determinazione dell'azione successiva. Inoltre, l'autonomia decisionale potrebbe spingersi anche verso l'automazione di utilizzo delle risorse e la gestione delle fasi *post* operazione, tipiche dell'analisi degli effetti della missione.

Confrontati con sistemi convenzionali, i sistemi militari equipaggiati con componenti basati su livelli crescenti di autonomia sono in grado di

fornire vantaggi in termini di *data processing* e *decision making*, costituendo un supporto che agisce da **moltiplicatore di forze**, teso a ridurre la necessità di presidio umano dove non necessario, opportuno o a scarso valore aggiunto. In particolare, diversamente da quanto fornito in un sistema automatico dove l'azione è programmata ed eseguita in modo routinario, un sistema autonomo è in grado di prendere decisioni se istruito adeguatamente su base ontologica, mediante “Fatti” e “Regole”.

Nel caso, ad esempio, di un sistema *unmanned* l'autonomia di sistema rappresenta una funzionalità essenziale per la persistenza di missione di sorveglianza (*Air, Ground*) di vaste aree, specie in relazione ai limiti di durata nell'impiego delle piattaforme. In particolare, l'introduzione dell'autonomia come assistenza alla gestione remota di veicoli è in grado di ridurre drasticamente il carico di lavoro dell'operatore durante la missione, supportandolo nel prendere decisioni fino – in un futuro – ad una gestione autonoma e senza supervisione della missione.

Funzioni come il *Target Detection e Recognition*, *Mission Data Exploitation*, *Threat Monitoring*, *Situational Awareness*, *Decision Making*, aspetti



base per condurre missioni di Intelligence *Surveillance Reconnaissance* (ISR), si coniugano in maniera efficace con i contesti di autonomia e persistenza di missione. A completare questo quadro operativo è però necessario considerare il sempre più crescente volume di informazioni da analizzare nei sistemi di missione che complica la fase di *decision making* in un contesto dove il *workload* dell'operatore deve essere il più basso possibile, in particolar modo quando il numero di operatori è contenuto.

Un altro degli aspetti di maggiore interesse è relativo all'autonomia dei sistemi applicata nella rilevazione, classificazione e identificazione di oggetti all'interno di immagini e video. Tecniche quali *Neural Network* e *Convolutional Neural Network* si prestano allo scopo, rendendosi particolarmente utili quando integrate in sistemi di sorveglianza *unmanned* permettendo l'individuazione, classificazione e *tracking* di oggetti all'interno di un video *standard* "H.264 STANAG 4609". Considerando che le tecniche basate su AI per il riconoscimento di oggetti all'interno di immagini e video sono oramai di applicazione comune (e.g. mediante metodi di *Neural Network*) anche in dispositivi di tipo consumer, l'individuazione e classificazione/riconoscimento di oggetti di interesse militare si traduce in una tipologia di evento di missione sul quale l'operatore dovrà prendere decisioni. In un tale contesto, sebbene l'operatore sia supportato nella comprensione di eventi di missione tramite algoritmi di correlazione dati e componenti AI di individuazione, l'aspetto decisionale tramite intervento umano mantiene fondamentale rilevanza. È quindi importante addestrare adeguatamente i sistemi autonomi così da poter classificare gli eventi degni di interesse attribuendo una priorità/gravità garantendo un ausilio valido nel contesto decisionale sul cosa fare, come fare, quando fare e con quali priorità.

Un ultimo esempio di contesto applicativo, in cui i benefici apportati dai sistemi autonomi vengono considerati critici nei prossimi scenari operativi militari, si ha nel concetto *manned-unmanned teaming* (MUM-T). Il progressivo sviluppo della tecnologia legata all'AI farà

evolvere questo contesto rendendo i sistemi *unmanned* sempre più autonomi, con l'obiettivo di migliorare la sicurezza dei piloti, la *situational awareness*, il processo decisionale e l'efficacia delle missioni. L'attuale architettura costituita da sistema con equipaggio e da velivolo *unmanned*, con la funzione di esploratore o bersaglio, acquisterà una complessità sempre maggiore attraverso il coordinamento con uno sciame di velivoli autonomi definito "*swarm*" che raggiungerà un grado di autonomia sempre maggiore.

Concludendo, il concetto di autonomia applicata ai sistemi militari attrae investimenti indirizzati alla ricerca e allo sviluppo, fiancheggiati inoltre dalla rivoluzione tecnologica che sta investendo le industries del compartimento civile. La tecnologia autonoma garantisce notevoli benefici e va governata mitigando i rischi che un sistema male addestrato può provocare. Il limite che la curva di sviluppo di questa tecnologia potrà raggiungere non è dettato da ciò che può essere fatto, ma da quanto gli attori si fideranno delle proprie macchine.

[4.8. Le piattaforme a decollo verticale, anche a propulsione elettrica, per missioni tattiche anche in aree urbanizzate \(a cura LEONARDO\)](#)

Gli assetti ad ala rotante previsti a medio termine dovranno essere in grado di adattarsi a una molteplicità di compiti diversi a supporto di missioni che vanno dalle attività *Recon e Combat* (piattaforme *light scout* ed elicotteri d'attacco), al trasporto truppe, *Re-supply*, operazioni delle *SOF*, *MEDEVAC*, guerra elettronica, e capaci di operare in aree urbane densamente popolate come in operazioni *Littoral / anfibia* operando da piattaforme navali.

A supporto di quanto sopra, si riporta un estratto dallo Studio prodotto dal *Joint Air Power Competence Centre* della NATO "*Future Battlefield Rotorcraft Capability* FBRC - Anno 2035 and Beyond" del Comandante Modesto, della Marina Militare, pubblicato nel Novembre del 2018 (riportato in corsivo nel seguito):

[..] Si prevede che nelle aree urbane si concentrerà quasi il 65% per cento della popolazione mondiale entro il 2040. La maggior parte di queste aree urbane tenderanno a formare agglomerati in forma di vere e proprie megalopoli. Questi *cluster* urbani, altamente congestionati, saranno situati nelle vicinanze della costa nelle zone litorali [..].

È pertanto lecito ipotizzare che le suddette megalopoli, la maggior parte delle quali sarà in ambienti litorali, saranno destinate a diventare la principale area operativa futura (AoO), cambiando il modo di condurre le operazioni in



FIG. 63 - UNITÀ ELITRASPORTATE IN OPERAZIONE

guerra urbana.

Tuttavia, continueranno a rimanere significative anche le operazioni a lunga distanza [..]

Problemi/ missioni

Dispersione delle Forze – Area d’operazione (AoO) delle Squadre da combattimento a livello di Brigata (BCT)

Un tema da affrontare è la necessità di incrementare in maniera significativa le attuali capacità in termini di raggio d’azione e velocità degli assetti odierni in quanto le future operazioni ad alta intensità (ma non solo, vedi caso Afghanistan) prevedono un’ulteriore

capacità di dispersione delle forze: si ragiona per Area di Operazioni (AoO) di 300 x 300 km-90.000 km² o una più convenzionale AoO di 150 km di raggio pari a 70.650 km² ma anche sino a 500 x 500 km – 250.000 km² per AoO tipiche di una Brigata (*lessons learned* a seguito delle operazioni *combat* in Ucraina).

Allo stesso tempo dovrà essere garantita la capacità di raggruppare in tempi rapidi le medesime forze disperse nell’area di operazione anche trasportando mezzi e veicoli in dotazione alla Brigata (*medium e heavy lift*) così come rimarrà imperativo e strategico per la riuscita delle operazioni garantire il costante rifornimento alle truppe impegnate nel combattimento.

SOF

Le ultime indicazioni della Nato assegnano alle Forze speciali due famiglie di missioni:

- *le Direct Action* (D.A.) che consiste essenzialmente in infiltrazione ed esfiltrazione di personale SOF che condurrà azioni dirette in territorio ostile e/o dietro le linee presidiate da “Forze ostili”;
- le missioni “*Special Reconnaissance*” a lungo raggio che determinano la necessità di trasportare da 6 a 12 uomini con un peso cadauno di circa 150-200 kg (uomini con equipaggiamenti individuali) (le SOF tendono ad avere un equipaggiamento e armamento maggiorato rispetto alle truppe convenzionali) su distanze sino a oltre 1000 NM (potenzialmente anche oltre).

Gli assetti a decollo e atterraggio verticale (VTOL, *vertical take-off & landing*), idealmente convertiplani manned, saranno utilizzati per il trasporto delle SOF, grazie alle prestazioni di velocità e *range*, nonché per effettuare lanci di incursori di tipo “*High Altitude Low Opening*” (HALE) da quote sino a 20.000 piedi.

In aggiunta, dovranno anche garantire il

posizionamento di materiale e rifornimento costante per le stesse SOF, utilizzando a tale scopo anche RUAV *covert* ed *unmanned*.

MEDEVAC

La missione MEDEVAC riveste importanza fondamentale in qualsiasi operazione futura. Le valutazioni sul tipo di missione si basano su ipotesi di pianificazione a rischio zero e su dimensioni AoO future piuttosto ambiziose per le *Brigade Combat Team* (BCT). Basandosi su una AoO quadrata di 300 x 300 km e una AoO quadrata di 150 km, si è concluso che per poter rispettare la cosiddetta “*golden hour rule*” sarebbe richiesto per la prima AoO una velocità di 350 nodi e per la seconda una velocità di 260 nodi. Ciò permetterebbe sostanzialmente di dimezzare le strutture MEDEVAC passando da 13 a 8 quando la velocità di crociera viene raddoppiata dagli attuali 125 nodi ai futuri 250 nodi.

Operazioni Littoral / Anfibia

L’impiego di piattaforme VTOL nelle operazioni anfibiae per fornire la necessaria mobilità tattica e supporto logistico insieme al classico sbarco dal mare proseguirà anche nell’immediato futuro. Anche in quest’area di operazioni, aumenterà in via sostanziale la richiesta di operare “più distante, più velocemente e con maggior capacità carico” (si prospetta circa il raddoppio delle prestazioni odierne) in quanto i potenziali avversari stanno sviluppando capacità A2/AD “disruptive” in termini di missili antinave da crociera, balistici e iper-veloci tali da obbligare le forze da sbarco a posizionare le proprie navi sempre più distanti dalla “Forward Line of Own Troops” (FLOT).

Requisiti

L’evoluzione delle minacce così come la sempre maggiore disponibilità di tecnologie evolute ed a basso costo in teatri simmetrici e asimmetrici, fanno sì che le piattaforme VTOL debbano conseguentemente evolvere la propria capacità di adattarsi all’ambiente operativo sempre più conteso incorporando e anticipando evoluzioni tecnologiche rispetto alle minacce.

Le piattaforme VTOL dovranno mantenere lo stato dell’arte per quanto riguarda:

- **Survivability** (Bassa osservabilità e resistenza alle minacce):
 - particolarmente importante per piattaforme che si trovano a operare vicini alle forze ostili sia in termini di prossimità alla linea del fronte sia rispetto al suolo;
 - integrazione a bordo di sistemi di auto-protezione contro minacce multi-spettrali (a tendere, Auto-protezione distribuita in un *network* di piattaforme cooperanti);
 - design: strutture resistenti a impatti



FIG. 64 -VBM FRECCIA IN ESERCITAZIONE

- (balistici, *crash* se la piattaforma non è considerata *expendable*) e riduzione delle emissioni sonore;
- **Auto protezione** (da minacce che possono evolvere nel tempo e impiegano un ampio spettro della banda elettromagnetica, *cyber protection*);
- *Flight management system evolution*:

- HMI per ridurre il carico sull'equipaggio;
- modularità dell'architettura avionica per riconfigurare ed incorporare nuovi sistemi;
- controlli attivi del volo, capacità di volo autonome, decollo ed atterraggio automatici (specie per operazioni da nave);
- capacità di interconnessione tra sistemi *legacy* e di nuova generazione (data-link).

Sistema di sistemi

Uno dei concetti in corso e con sicuri sviluppi e applicazioni nell'immediato e prossimo futuro è quello di sviluppare piattaforme VTOL *UnManned* per attività di trasporto materiali e piattaforme *Manned* per missioni sensibili o tecnicamente complesse come il trasporto di truppe a lungo raggio (generalmente considerata la missione più importante a supporto di operazioni anfibe). Il *Rotary Wing Unmanned Aerial Vehicle RWUAV* è anche pensato per svolgere una serie di ruoli oltre al trasporto materiali, tra cui intelligence sorveglianza e ricognizione e rifornimento di merci, sia in versione terrestre che navale.

Il concetto di Sistema di Sistemi, che sempre più è considerato sia in ambito *Fixed Wing* di nuova generazione (*FCAS*, *Tempest*) sia *Rotary Wing*, vede la gestione di piattaforme miste di *Manned* e *UnManned* (non necessariamente solo *Aerial*) ciascuna inter-operante con le altre piattaforme e altre forze e mezzi (truppe, mezzi di terra), all'interno di un *network* (la "bolla") nel quale lo scambio di informazioni e dati diventa fondamentale per garantire l'efficacia della missione.

In ambito NATO si è lavorato per elaborare una serie di linee guida e raccomandazioni per consentire alle Nazioni di sviluppare tecnologie abilitanti, scenari operativi, soluzioni architetture che possano mettere in condizioni diverse piattaforme di inter-operare con altre che seguano le medesime raccomandazioni (architetture, requisiti e protocolli di comunicazione). Il risultato è stato lo studio NIAG SG227 specifico per i sistemi di *Manned-*

UnManned Teaming applicati a piattaforme *Manned RW*.

Obiettivo del prossimo futuro è prevedere un minimo livello di interoperabilità tra piattaforme cooperanti pari a *Level Of Interoperability (LOI) 4*, ma con la necessità di arrivare al massimo livello LOI 5 che prevede il controllo completo da parte della piattaforma *Manned* anche del lancio e recupero (o atterraggio in zona definita) della piattaforma *UnManned*.

Si sta inoltre lavorando, di concerto tra industrie e Forze Armate, per arrivare anche a livelli di Autonomia della piattaforma *UnManned* che le consentano di completare la missione assegnata prendendo decisioni in Autonomia nel corso della missione stessa.

Trend tecnologici

Le industrie della Difesa guardano a come rispondere ai requisiti tecnologici identificati dagli studi su quelli che saranno gli scenari operativi e i requisiti di missione, che sono stati in breve descritti nei paragrafi precedenti.

L'Unione Europea, inoltre, ha identificato alcuni elementi e tecnologie che più di altre si pensa consentiranno di rispondere adeguatamente alle sfide a venire per le piattaforme RW di futura generazione (rif. EDA KSA Report – *Cutting Edge Technologies for Helicopters*):

- decollo e atterraggio da aeroporti / piste convenzionali e non convenzionali (comprese navi e aree in ambiente ostile e conteso);
- riduzione del tempo di risposta mediante lo sviluppo di elicotteri militari *utility* dedicati che possano operare facilmente e agilmente in aree ostili;
- incremento velocità, quota e raggio di azione fino a rispettivamente 25000 piedi, 300 kts, 1000 nm;
- riduzione del livello di rumore esterno;
- sviluppo di un nuovo concetto di trasporto *UnManned* in grado di fornire il supporto alle truppe direttamente in prossimità delle aree bersaglio riducendo il rischio per l'uomo;

- sviluppo di un sistema di contromisure specifiche (attivo e passivo);
- capacità di volo *fly-by-wire* e autonomo;
- tecnologie avanzate per pale del rotore principale e del rotore anti-coppia;
- utilizzo del composito avanzato per i sistemi dinamici, compresi gli elementi strutturali della trasmissione;
- propulsione ibrida/elettrica.

L'Unione Europea ha lanciato diversi programmi di investimento a sostegno delle Industrie Europee per attività di Ricerca e Sviluppo sulle suddette tecnologie, e non solo.

Investimenti sostenuti e mirati permetteranno all'Europa di conservare e persino migliorare, in futuro, la sua posizione di forza, anche nei settori dei velivoli avanzati ad ala rotante (RW, *rotary-wing*), e più specificamente nel settore delle tecnologie all'avanguardia per gli aeromobili VTOL.

Per quanto concerne il segmento dei RWUAV, l'Industria sta progredendo nell'acquisizione del *know-how* tecnologico per supportare lo sviluppo delle piattaforme di prossima generazione.

Sarà fondamentale selezionare la classe di peso obiettivo (MTOW e *payload*) e le prestazioni indicative minime necessarie (*Speed* e *Range*) per definire il requisito delle piattaforme RWUAV in base al *Concept of Operations* (CONOPS) che verrà selezionato a partire da quello definito nello studio NATO NIAG SG227 su menzionato. In base al CONOPS e alla tipologia e uso del mezzo *UnManned*, l'Industria nazionale potrà con maggiore facilità identificare il percorso più rapido e costo-efficace per rendere disponibile la capacità alle Forze Armate partendo dalle piattaforme già oggi in inventario e rendendole completamente *UnManned* (o *Optionally Piloted* se richiesto) mediante applicazione di tecnologie che sono attualmente in fase di *test* e validazione su dimostratori tecnologici (ad oggi oltre 250FH sul dimostratore RWUAV SW-4 SOLO OPV di Leonardo).

In parallelo, e con lo sguardo al futuro, una

volta identificato il CONOPS e la tipologia di utilizzo, l'Industria nazionale potrà concentrare le proprie forze sullo sviluppo di piattaforme native *UnManned* che ci aspettiamo avranno caratteristiche fisiche/forme, *human machine interface* (HMI) e livelli di sicurezza (nel senso della *safety*) adeguate all'uso *UnManned* e, quindi, tendenzialmente più efficienti allo scopo, oltre che più economiche sia all'acquisto sia nell'utilizzo.

Per quanto concerne gli studi in corso sulla installazione di motorizzazioni alternative ai motori termici, l'attenzione nasce in ambito civile per avere piattaforme che, rispetto alle attuali (siano esse *Fixed* o *Rotary Wing*), siano caratterizzate da un costo operativo inferiore, siano caratterizzate da una minore impronta acustica esterna, e riducano sensibilmente l'emissione di gas inquinanti (CO₂, NO_x).

Le considerazioni tecnologiche che si stanno sviluppando attualmente in ambito civile si potranno applicare concettualmente anche alle macchine destinate all'uso militare, una volta che siano stati specificati con la dovuta attenzione i singoli aspetti e requisiti associati alla tipologia della missione da effettuare.

Si osservi che, specialmente negli Stati Uniti, le Forze Armate (nello specifico la *US Air Force*) spingono sui costruttori per promuovere lo sviluppo delle tecnologie elettriche con l'obiettivo di accelerare l'entrata in servizio in ambito civile (supportando nel contempo la definizione e implementazione delle normative oggi non ancora emesse formalmente). Si prevede che in seguito, le stesse tecnologie, potrebbero trovare impiego anche in ambito Militare (inizialmente per *utility* in *medical evacuation, firefighting, civil and military disaster relief, search and rescue, and humanitarian relief operations*) e, successivamente, anche in ambito operativo.

In maniera schematica, e in considerazione dell'attuale stato di sviluppo dei sistemi propulsivi convenzionali (termici) ed elettrici, e per questi ultimi dello stato degli studi sulle batterie, e specificatamente la densità di energia/potenza (quanta energia/potenza è disponibile rispetto

alla unità di massa), si possono identificare i seguenti ambiti applicativi:

- piattaforma di grandi dimensioni, da impiegarsi in spazi non ristretti, da impiegare per compiti di sorveglianza, a media quota e impiego di apparati di protezione, *comms relay*, *laser targeting*, etc., dove non è richiesta agilità ma buona autonomia oraria/ *endurance* (quindi necessaria una buona efficienza aerodinamica):
 - si dovrebbe optare per una configurazione convenzionale in termini di aerodinamica (singolo rotore o rotor *tandem* in linea, tipo CH47, e propulsione termica o ibrida);
 - la motorizzazione elettrica richiederebbe un significativo aggravio di peso a causa delle batterie a scapito dell'autonomia (i limiti attuali e prevedibili nel prossimo futuro della tecnologia elettrica, potrebbero rendere impossibile la realizzazione di macchine oltre una certa dimensione);
 - inoltre, è preferibile la configurazione aerodinamica tradizionale perché più efficiente da un punto di vista aerodinamico rispetto a un multi-rotore (soprattutto in *Hovering*);
 - una propulsione ibrida sembra da preferirsi in considerazione della persistenza di volo richiesta; la piattaforma deve essere caratterizzata da una certa efficienza aerodinamica (rispetto alla configurazione convenzionale di un elicottero); la prestazione di tale piattaforma è da considerarsi per *endurance* e *range* inferiore rispetto a quelle tipiche di un velivolo ad ala fissa convenzionale, e per quei casi in cui vi è necessità di mantenersi in una zona piuttosto ristretta per tanto tempo, magari anche a punto fisso (*hovering*) sembra l'elemento chiave e caratterizzante di questa soluzione;
- piattaforme di dimensioni più contenute per missioni che prevedano l'inserimento in aree urbane e quindi in spazi ridotti, per attività ISR, *sniffer*, *target detection*

and identification, con *payload* contenuti (in termini di equipaggiamenti imbarcati e/o materiale da trasportare alle truppe avanzate in combattimento), potendo ipotizzare un dispiegamento a ridosso dell'area (quindi RWUAV lanciati da piattaforma RW *Manned* oppure trasportati su autocarri), quindi *asset* che non richiederanno grande autonomia, caratterizzati da configurazioni non convenzionali (per es. multi-rotore), con ottime caratteristiche di riconfigurabilità e dove una propulsione elettrica potrebbe essere la migliore soluzione possibile essendo meno caratterizzanti sia l'efficienza aerodinamica in *hovering* sia la velocità:

- si potrebbe optare per una configurazione multi-rotori, a propulsione elettrica, potenzialmente meno costosa e più *expendable*;
- per missioni di trasporto logistico, fino al trasporto medio, in area non o poco contesa, si potrebbe optare per una piattaforma a propulsione ibrida, per garantire un guadagno di autonomia (da certe distanze in poi) e una riduzione di costi operativi (a ciclo di vita completo).

In tutti i casi, nel momento in cui si dispieghi una piattaforma dotata di batterie, si dovrà prevedere una opportuna soluzione logistica di supporto per disponibilità non solo di batterie di ricambio ma anche di capacità di ricaricarle (generatori elettrici).

Per quanto i progressi tecnologici possano incrementare le capacità delle piattaforme ad ala rotante, quanto sta emergendo nell'ambito dei programmi FVL americani (il più ampio programma di rinnovamento in ambito di elicotteri militari dagli anni '60) ma anche per quanto si può desumere da informazioni degli orientamenti e studi concettuali russi e cinesi, dimostrerebbe che un unico tipo di tecnologia e/o di piattaforma non sarà in grado di soddisfare contemporaneamente tutte le tipologie di missioni previste.

Appare utile riportare in maniera esplicita, integrandolo con ulteriori considerazioni, un estratto dalle conclusioni dello Studio summenzionato (riportato in corsivo nel seguito):

[..] potrebbe apparire evidente che sulla base degli attuali dimostratori tecnologici del programma FVL degli Stati Uniti e concetti simili elaborati dall'industria europea, si potrebbe condurre la discussione verso due possibili concetti.

Il primo concetto tenderebbe a supportare una piattaforma tipo modulare per il trasporto a medio raggio, i ruoli di attacco e di esplorazione basati su agilità e velocità.

Tale piattaforma "tipo modulare" dallo studio NATO, si riferisce alla tecnologia relativa ai mezzi *Compound* con elica spingente e Rotori coassiali contro-rotanti che sembrerebbe poter essere indicata per soddisfare i requisiti dei ruoli di *light scout* e *Attack*, ma la cui effettiva superiorità in questi ruoli rispetto al mezzo elicottero tradizionale è ancora in valutazione.

La formula *Compound* ha limitazioni di scalabilità verso piattaforme di dimensioni medio-grandi intrinseche nella architettura *Compound* stessa.

In più, una parte degli addetti ritiene che con il continuo sviluppo di sistemi di arma remotizzati sempre più sofisticati e letali, che saranno operati in *teaming* da sistemi *Rotary* tenuti progressivamente sempre più lontani dall'area di ingaggio grazie alle crescenti capacità di visione e controllo dello scenario operativo (*situational awareness*), il *Tilt Rotor* potrà rivelarsi il sistema più affidabile anche per le operazioni *Scout* e *Attack* grazie alla sua velocità di intervento, elevata autonomia e volo in quota che garantisce silenziosità e superamento delle avverse condizioni atmosferiche.

Il secondo concetto spingerebbe verso la tecnologia del *Tilt Rotor* per le missioni *Utility*, *JPR*, *SOF* e *MEDEVAC* basate possibilmente su autonomia estesa, capacità di volo ad alta quota con cabina pressurizzata e alta velocità.

A differenza dell'architettura *Compound*, l'architettura *Tilt Rotor*, è scalabile anche verso piattaforme di grandi dimensioni, con capacità di carico e operative anche maggiori di quanto disponibile con le piattaforme di grandi dimensioni attualmente in servizio (fino a oltre 40 tonnellate).

Già oggi le piattaforme *Tilt Rotor* in servizio sono in grado di compiere queste missioni a elevata velocità di circa 280 *Knots*, che peraltro risponde al requisito "*Golden Hour Medevac*", con un *combat radius* di circa 400 nm. Le capacità dei *Tilt Rotor* di prossima generazione (*Next Gen*) potranno anche comprendere una cabina pressurizzata con capacità di volare sino a oltre 20.000 ft. in condizioni meteo avverse e con significativa riduzione del rumore.

Gli eserciti futuri richiederanno piattaforme *Rotorcraft* con maggiore manovrabilità e maggiore autonomia e velocità per ridurre la necessità di punti di rifornimento avanzati. Un aumento del carico utile, in alcuni casi, potrebbe anche essere necessario. Si ritiene che le future operazioni delle *SOF Air* coinvolte nel trasporto delle squadre saranno supportate da operazioni aeree con equipaggio nella maggior parte dei casi e che piattaforme VTOL senza equipaggio entreranno nelle operazioni di rifornimento e sorveglianza. Le piattaforme dotate di sensori potrebbero funzionare come un centro di controllo gestito a distanza per tutte le operazioni e ancora di più per le piattaforme di difesa aerea. Nella maggior parte dei casi le future operazioni costiere saranno supportate da operazioni aeree con equipaggio.

Inoltre le piattaforme avranno elevate capacità date dallo sviluppo di sistemi avanzati di *manned-unmanned-Teaming* che consentiranno l'interoperabilità fino a livello LOI 5.

Le piattaforme *Manned ed UnManned* saranno dotate di *Air Launched Effectors (ALE)* in grado di garantire capacità *ISR* e di protezione per le medesime piattaforme *manned* tramite pacchetti modulari di *E.W./ISR/ELINT e SIGINT* installabili secondo le necessità dettate dalle specifiche missioni e minacce da affrontare.

Piattaforme *UnManned* opereranno in coordinamento sino a parziale autonomia con le piattaforme *Manned* in ruoli *ISR EW Targeting*.

Gli ALE, oggi in fase di sperimentazione iniziale negli USA, diventeranno un asset irrinunciabile e disponibile su tutte le piattaforme militari. Lanciabili dagli odierni tubi lanciarazzi e lanciamissili con capacità di installare pacchetti miniaturizzati, interscambiabili tipo *ISR, E.W, Decoys* attivi e passivi, *Sigint, Elint* onde estendere la bolla di capacità di scoperta e protezione degli assetti *Manned*.

4.9. Situation awareness dallo spazio (a cura LEONARDO)

Lo *Space Situational Awareness (SSA)*, ovvero il monitoraggio dell'ambiente spaziale e degli oggetti orbitanti, costituisce un fattore abilitante per lo sviluppo capacitivo, fornendo una serie di vantaggi di valenza strategica militare, costruiti sulla base di informazioni addizionali che potranno essere rese disponibili.

In particolare, in fase di pianificazione di una missione, *SSA* consente di visualizzare quale sarà lo scenario operativo dal punto di vista di sorvolo, definendone l'area di interesse, gli oggetti che la sorvoleranno e le misure dai sensori di terra. La conoscenza dello scenario permetterà, in fase operativa, di distinguere agilmente eventuali cambiamenti, intenzionali o accidentali, e di prendere conseguenti contromisure.

Le principali capacità che *SSA* può mettere a disposizione delle missioni militari sono:

- capacità di analisi relativa ad assetti spaziali per finalità di intelligence;
- protezione di assetti spaziali da eventuali attacchi e minacce, sia intenzionali sia accidentali;
- supporto alla pianificazione ed esecuzione di missioni militari, che richiedono l'uso di assetti spaziali (comunicazioni e navigazione), attraverso i dati orbitali presenti nel catalogo;
- previsione di collisioni tra oggetti orbitanti e relative propagazioni di frammenti;

- previsioni e conoscenza di oggetti in rientro.

SSA, attraverso la sua *Integrated Space Recognized Picture*, permette di visualizzare:

- la propagazione delle orbite e gli *alert* per eventuali manovre;
- la caratterizzazione di oggetti orbitanti nel catalogo;
- le analisi di *conjunction*, che consentono di stimare se, quando e dove due oggetti si scontreranno;
- analisi di rientro con *plot* della traiettoria e probabile zona di impatto;
- visualizzazione dei frammenti, con *plot* delle orbite.

SSA mette a disposizione dei Centri operativi i seguenti strumenti e funzionalità:

- definizione di un'area spaziale di interesse attraverso le sue coordinate;
- visualizzazione della posizione dei sensori di terra e dei relativi *Field Of View*;
- verifica dell'area di copertura dei satelliti rispetto all'Area di Operazioni;
- lista e caratterizzazione di tutti i satelliti che sorvolano un'area a terra di interesse con loro classificazione (*Blue force, Red Force, etc..*) e la relativa finestra di



FIG. 65 - SPACE SITUATIONAL AWARENESS
E POSSIBILI SVILUPPI CAPACITIVI

- visibilità;
- propagazione di orbite degli oggetti nel catalogo;
- rappresentazione integrata di eventi, anche attraverso animazioni in 3D.

5. LA RICERCA TECNOLOGICA A SUPPORTO DEI PROGETTI EU (a cura LEONARDO)

L'Unione Europea ha compiuto negli ultimi anni fondamentali passi in avanti sul fronte della sicurezza e della difesa comuni, istituendo a fine 2017 la *Permanent Structured Cooperation* (PESCO) che si integra con altre due importanti iniziative in corso: la *Coordinated Annual Review of Defense* (CARD, il meccanismo di coordinamento tra i Ministri della Difesa per armonizzare lo sviluppo capacitivo) e lo *European Defense Fund* (EDF), che intende promuovere la competitività e la capacità di innovazione dell'industria della Difesa europea. A fine 2019, inoltre, con l'insediamento della nuova Commissione Europea, è stata creata una nuova Direzione Generale dedicata all'Industria della Difesa e Spazio (*Defence Industry and Space* – DEFIS) a riporto del Commissario per il Mercato Interno, Thierry Breton.

Cooperazione Strutturata Permanente (PESCO)

Il Consiglio degli Affari Esteri (Difesa) dell'Unione Europea ha formalmente approvato il 12 novembre 2019 l'aumento al numero di 47 dei progetti di capacità nell'ambito della Cooperazione Strutturata Permanente (PESCO) in materia di sicurezza e difesa. Quest'ultima comprende 25 dei 28 degli Stati membri dell'UE (non è stata firmata da UK pre-Brexit, Malta e Danimarca) e ha come finalità primaria lo sviluppo congiunto di capacità per la Difesa da mettere a disposizione delle operazioni militari dell'UE; si rafforza in tal modo la capacità dell'Unione quale attore internazionale per la sicurezza, contribuendo al contempo a proteggere i cittadini dell'UE, unitamente alla massimizzazione dell'efficacia della spesa per la Difesa. Gli stati membri possono portare avanti progetti di cooperazione a geometria variabile: nei diversi progetti, vi è un paese coordinatore e altri che sono partecipanti. Il bilancio dei progetti PESCO spetta agli Stati membri coinvolti. L'Italia è presente in 26 dei 47 progetti approvati nei 3 distinti *round*:

- *Wave 1*, a marzo 2018 sono stati approvati 17 progetti di cooperazione, l'Italia

partecipa a 16 di tali progetti e ne guida 4 più 1 in *co-leadership* con la Francia (ESSOR);

- *Wave 2*, a novembre 2018 è stata approvata una seconda lista di 17 progetti, l'Italia partecipa a 6 di tali progetti e ne guida 3;
- *Wave 3*, a novembre 2019 è stata approvata una terza lista di 13 progetti, l'Italia partecipa a 4 di tali progetti e ne guida 2.

Non verranno presentati o processati altri progetti nel corso del 2020 per consentire una valutazione intermedia sull'efficacia del programma PESCO che vedrà terminare la sua fase iniziale nel 2025.

European Defense Fund (EDF)

L'EDF intende promuovere la competitività e la capacità di innovazione dell'industria della difesa europea, incentivando la cooperazione tra stati membri su progetti condivisi di ricerca e sviluppo capacitivo, incoraggiandone l'approvvigionamento e la manutenzione congiunti, attraverso il principio del cofinanziamento, durante l'intero ciclo di vita dei progetti. I fondi europei sono aggiuntivi e non sostitutivi rispetto ai *budget* difesa nazionali, non finanziano il *procurement* che rimane a carico dei singoli Stati Membri e non coprono interamente gli investimenti, né per la ricerca né per lo sviluppo capacitivo, ma una percentuale diversa a seconda delle attività finanziate.

L'iniziativa è articolata in due fasi temporali:

- **fase iniziale**, in cui sono state avviate due iniziative distinte:
 - **Preparatory Action on Defence Research (PADR)**, dedicata alla ricerca, con una dotazione complessiva di 90 milioni di euro in 3 anni (2017-2018-2019), fase conclusasi nel 2019;
 - **European Defence Industry Development Program (EDIDP)**, dedicato allo sviluppo capacitivo, con una dotazione complessiva di 500 milioni di euro in 2 anni (2019-2020).

I progetti presentati a settembre 2019 in risposta alle Call EDIDP 2019 sono in attesa di valutazione, ad aprile 2020 sono usciti i bandi per le Call 2020, le proposte sono da presentarsi entro dicembre 2020;

- **fase a regime 2021-2027**, in cui si prevede sia la ricerca sia lo sviluppo con una dotazione complessiva proposta di 7 miliardi di euro, secondo la proposta finale del Consiglio Europeo di luglio 2020, a fronte di una proposta iniziale della Commissione Europea di 11,5 miliardi⁷¹.

Nell'ambito delle attività dell'**Azione Preparatoria per la Ricerca (PADR)**, si evidenzia il progetto di cui Leonardo è partner: **Force protection and advanced soldier systems beyond current programmes – GOSSRA (PADR-FPSS-01-2017)**. Il progetto intende sviluppare un'architettura di riferimento per derivare approcci, linee guida, strutture di sistema e standard specifici che verranno utilizzati dalle architetture del soldato futuro europeo. La standardizzazione dell'architettura porta a notevoli benefici in termini di prestazioni, interoperabilità, manutenibilità e riduzione dei costi. GOSSRA convaliderà anche l'architettura tecnicamente al fine di garantire la fattibilità di interfacce, protocolli e standard di riferimento. Il modello di business di Leonardo guarda allo sfruttamento dei risultati GOSSRA per migliorare la sua offerta per il soldato futuro e introdurre soluzioni di innovazione soprattutto per quanto riguarda l'interoperabilità con gli altri sistemi europei.

Progetti EDIDP 2019-2020: *Multipurpose Unmanned Ground System/Vehicle (m-MUGS), Ground Combat Capabilities (GCC), counter UAS, Precision Strike Capabilities, Air Combat Capabilities* (a cura LEONARDO)

European Defence Industrial Development Program (EDIDP)

La Commissione Europea considera EDIDP 2019 e 2020 come un "banco di test" per la fase

successiva 2021-2027 di EDF. L'UE co-finanzia con grants i progetti per lo sviluppo capacitivo, fino alla realizzazione del prototipo, condotti in cooperazione da imprese costituite in consorzi formati da almeno 3 aziende di 3 Stati Membri. Il regolamento di EDIDP è stato approvato a luglio 2018 ed il *budget* stanziato per il biennio 2019-2020 è di €500M a carico dell'UE, complementare ai finanziamenti nazionali. Molti degli Stati Membri pertanto prevedono di supportare le proposte sviluppate dai consorzi impegnandosi a finanziare tutta o parte dei costi non coperti dalla UE. Il *Work Program*, cioè il piano di lavoro a supporto dell'iniziativa, emesso a marzo 2019, ha identificato le aree prioritarie per il finanziamento, in accordo con le priorità negoziate tra gli Stati Membri. La procedura di aggiudicazione dei *grant* è quella della selezione competitiva con previste eccezioni di *direct award*, cioè l'assegnazione diretta di fondi su alcuni progetti di particolare rilievo strategico.

Di seguito, alcuni progetti europei in ambito EDIDP di interesse per la forza terrestre italiana:

Multi-Mission UnManned Ground System (m-MUGS)

Il progetto, presentato nel Settembre 2019, ha avuto come obiettivo lo sviluppo di una nuova famiglia europea di UGV leggeri, medi e pesanti multi-uso e da combattimento in grado di garantire efficacia operativa e il successo della missione in tutti gli scenari possibili e nello scontro diretto con forze nemiche avanzate. Ogni famiglia deve essere basata su uno *chassis* comune e tutte le famiglie devono condividere il maggior numero possibile di tecnologie, sistemi e *control station*.

L'iniziativa ha riguardato la progettazione/prototipazione di un sistema con queste caratteristiche:

- essere in grado di collaborare senza equipaggio e senza pilota con altre piattaforme (MUM-T) aeree e terrestri robotizzate, anche senza pilota, nonché

⁷¹ Prezzi costanti 2018. 13 miliardi a prezzi correnti.

veicoli con equipaggio tradizionali per fornire assistenza al combattimento e ai servizi di supporto al combattimento delle forze di terra. Il sistema deve aumentare la consapevolezza situazionale e la protezione delle unità terrestri, la loro efficacia, resistenza, mobilità e autonomia e consentire un dispiegamento più rapido;

- avere la capacità di essere schierato a supporto delle truppe in tutti i tipi di ambienti geografici e operativi (compresi gli ambienti *denied*) con livelli di autonomia e robustezza in evoluzione per trasporto e fornitura, protezione della forza, interdizione, ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*), comunicazioni, supporto di ingegneria militare, evacuazione medica o protezione CBRN;
- ridurre il carico di lavoro per gli operatori UGS attraverso il massimo utilizzo dell'intelligenza artificiale e delle funzioni assistite (ad es. mobilità autonoma, rilevamento automatico di obiettivi / minacce / tracciamento / definizione delle priorità), al fine di garantire una migliore consapevolezza della situazione tattica per gli operatori UGS (superiorità delle informazioni in uno scenario abilitato alla rete);
- includere la progettazione modulare e l'interoperabilità dell'UGS, al fine di garantire la trasferibilità della tecnologia pertinente su altre piattaforme (compresi i veicoli con equipaggio esistenti) e semplificare l'integrazione del carico utile durante i progetti di sviluppo e di *follow-up*.

Le proposte hanno anche incluso l'integrazione di un numero maggiore di sistemi senza pilota (sciami) che possano essere gestiti in remoto da esseri umani.

Attualmente, anche se il progetto m-MUGS non è stato assegnato a Leonardo, si vuole perseguire comunque l'obiettivo di progettare un veicolo autonomo di supporto al combattimento se saranno presenti altre fonti di finanziamento oltre ai fondi di autofinanziamento accantonati

per il m-MUGS.

Ground combat capabilities (GCC)

L'ambiente operativo in continua evoluzione richiede lo sviluppo della prossima generazione e l'aggiornamento delle attuali piattaforme corazzate con maggiore robustezza, agilità, versatilità e interoperabilità. Il progetto, che verrà presentato a Dicembre 2020, ha l'obiettivo di ammodernare l'attuale o sviluppare la futura generazione europea di veicoli da combattimento e blindati, con riferimento in particolare a *Main Battle Tank* (MBT), *Infantry Fighting Vehicle* (IFV), o *Armoured Personnel Carrier* (APC) o altri *Light Armoured Vehicle* (LAV), o di sviluppare e integrare sistemi, sottosistemi o sensori moderni e aggiornati in piattaforme e/o payload esistenti, migliorandone significativamente le prestazioni.

Counter UAS

Il progetto si propone di sviluppare un sistema europeo *joint* anti-drone aereo che consideri le minacce provenienti dai micro droni fino ai droni tattici in quattro distinti scenari: FOB, Aree critiche (incluso aeree urbane), protezione degli assetti strategici e degli assetti in movimento; predisponendo il livello di reazione opportuno sia in tempo di pace sia in caso di conflitto.

Lo scopo è sviluppare un sistema di sistemi avanzato con un'architettura C2 dedicata, modulare, integrabile e interoperabile, capace di contrastare la minaccia rappresentata da mini e micro droni aerei. Il sistema è concepito in modo agile nel raggiungere il livello operativo e deve assicurare la protezione tanto delle truppe dispiegate negli scenari operativi quanto di quelle impiegate nella difesa e sicurezza del territorio nazionale e poter svolgere ruoli *dual-use*. Pertanto il sistema dovrà soddisfare i requisiti di regolamento e certificazione per consentire lo svolgimento di missioni homeland.



FIG. 66 -CONTRASTO ALLA MINACCIA RAPPRESENTATA DA MINI E MICRO DRONI

Upgrade of current and development of next generation ground-based precision strike capabilities

L'obiettivo di questo progetto è aprire la strada a una soluzione indipendente europea che fornisca artiglieria da 155 mm/52 con portata molto lunga, alta precisione e munizioni per carichi pesanti. Le soluzioni proposte devono affrontare una gamma di nuove minacce, ridurre drasticamente i danni collaterali, operare in un ambiente dove è negato il GNSS, fornire munizioni con una migliore capacità di mira e potenzialmente *retargeting* in volo per fornire massima flessibilità e sicurezza d'uso per le truppe amiche. Pertanto, le future munizioni previste costituiranno un vantaggio rispetto alle attuali soluzioni limitate e parzialmente non sovrane/indipendenti.

Le tecnologie e le funzioni sviluppate in questo progetto saranno disponibili anche per l'artiglieria missilistica poiché affrontano le stesse sfide in termini di precisione, portata, efficacia e funzionamento su campo di battaglia negato al GNSS.

Il progetto è stato suddiviso in due *sub-topics*:

- a *platform for long range indirect fire support capabilities*;
- *programmable and guided ammunition*.

Air combat capabilities

Nell'ambito di questa proposta si collocano le seguenti tematiche:

– ***upgrading or developing next generation combat helicopters***: con oggetto di studio essenzialmente orientato alla tematica MUM-T (*Manned UnManned Teaming*) quindi alla possibilità di definire contesti e concetti operativi Helo-UAV nonché elementi di comunicazione a supporto di elevata interoperabilità tra piattaforma *manned* e *UnManned* (e.g. Data Link) a supporto di STD Europei. La

partecipazione di Leonardo a tale studio prevede un ritorno di conoscenza su:

- aspetti operativi e di requisito circa i contesti di missione MUM-T;
- *Intraflight Data Communication* a supporto dell'interoperabilità MUM-T (e.g. DL ART, etc...);
- aspetti operativi inerenti al contesto MUM-T in merito all'impiego di ATOS per piattaforma RW *manned* (e.g. AW139, AW169);
- *UAV Mission Autonomy*;
- aspetti operativi in merito all'impiego di piattaforma Falco EVO (ed *Xplorer*) ISR;
- aspetti operativi in merito al contesto Falco Weaponized nello scenario MUM-T.

– ***self-protection systems for fixed and rotary wing aircraft***: con oggetto di studio orientato al *design* di una nuova generazione di SPS per *Fixed Wing* e *Rotary Wing* inclusivo di:

- *MWS Subsystem*;
- *RWR Subsystem*;
- *CMDS Subsystem*;
- *EAD Subsystem*;
- *DIRCM Subsystem*;
- *Hard Kill Solution*;
- *EW manager subsystem*.

La partecipazione di Leonardo a tale studio prevede un ritorno di conoscenza sulle tematiche di:

- “*Full spatial coverage*” di minacce terminali quali Missile *Warning System* per ordigni autopropulsi o HFI per armi leggere;
- protezione cooperativa multi-piattaforma e del paradigma MuM-T;
- definizione di requisiti per la standardizzazione di *datalink*;
- tecnologie a supporto del “*Decision Making*”;
- simulatori di scenario.

6. SOLUZIONI PROTOTIPICHE DEL PANORAMA NAZIONALE E INTERNAZIONALE NEL CAMPO DELLA DIFESA

6.1. Leonardo: soluzioni di Breve/ Medio/Lungo termine

Capacità attuali

AWHERO

Rotary UnManned Aerial System (RUAS) è una piattaforma a doppio uso in grado di eseguire missioni civili e militari, sfruttando due baie di carico utile in grado di trasportare suite di sensori modulari in base ai requisiti dell'applicazione. Rappresenta una soluzione efficace ed efficiente per una vasta gamma di missioni tattiche e marittime, nonché di soccorso in caso di calamità, monitoraggio ambientale e operazioni di sorveglianza.

AWHERO è il RUAS di classe 200 kg all'avanguardia che sfrutta la forza e l'ampiezza dell'esperienza Leonardo nello sviluppo di piattaforme *rotorcraft* e nell'integrazione di sistemi. È il risultato delle migliori tecnologie del gruppo Leonardo integrate tra loro: piattaforma aerea e sistemi, sensori, *datalink*, elaborazione ed analisi dati, sicurezza informatica.

AWHERO è l'unico RUAS della sua categoria che è stato sviluppato secondo gli stessi principi di progetto applicati agli elicotteri con equipaggio

per soddisfare i requisiti di certificazione del tipo. La ridondanza dei sistemi critici massimizza l'integrità e l'affidabilità, l'adozione delle migliori pratiche di Leonardo *Helicopters* assicura i requisiti di manutenibilità e disponibilità del sistema all'utente finale.

AWHERO è, inoltre, protagonista delle attività condotte nell'ambito del programma Europeo OCEAN 2020, che è considerato uno dei principali programmi a sostegno delle operazioni marittime e costiere ed è il primo esempio di un programma di ricerca militare transeuropea. Il *team OCEAN 2020* comprende 42 *partner* provenienti da 15 paesi, ed è all'avanguardia nell'integrazione di piattaforme senza pilota che saranno integrate con i centri navali di comando e controllo che consentono lo scambio di dati via satellite durante le missioni di sorveglianza e interdizione a sostegno delle operazioni marittime e costiere.

Le caratteristiche principali di AWHERO:

- DIAMETRO DEL ROTORE PRINCIPALE
4m (13.12 ft)
- MAX. PESO AL DECOLLO:
200 kg / 440 lb class
- AUTONOMIA ORARIA:
6h+
- *DATALINK RANGE*:
55 NM
- CARBURANTE MOTORE
Heavy fuel or Gasoline

In termini di *Payload* le configurazioni spaziano da un singolo sistema ElettroOttico/Infrarossi installato sul muso del velivolo ad una suite di sensori avanzati (ad es. *RADAR, Comms relay, Electronic Intelligence*, ricetrasmittitore AIS).

SW-4 SOLO

SW-4 Solo è il risultato di una intensa collaborazione multidisciplinare realizzata all'interno del Gruppo Leonardo che ha richiesto importanti investimenti nello sviluppo tecnologico, nell'innovazione e nella ricerca. Ad oggi SW-4 Solo fornisce le migliori prestazioni di *range* e *endurance* per RUAV della classe 1800 MTOW. È stato inizialmente progettato in

versione “*Optionally Piloted Helicopter*” (OPH) allo scopo di fornire agli operatori massima flessibilità. Per applicazioni che richiedono maggior *payload* e *endurance*, esiste una versione **fully UnManned** senza la possibilità di conversione in velivolo pilotato.

La piattaforma basica (SW-4) è certificata da EASA e ciò garantisce sicurezza ai massimi standard sia in operazioni pilotate sia in quelle a pilotaggio remoto.

SW-4 Solo è in grado di essere utilizzato in innumerevoli ruoli, compresi *intelligence*, sorveglianza, ricognizione, *targeting*, cargo e, in configurazione pilotata, trasporto di personale, *medical evacuation* e salvataggio.

SW-4 Solo comprende i seguenti segmenti:

- **Remote Piloted Aircraft (RPA)**: segmento aereo;
- **Mission Control Station (MCS)**: segmento terrestre. Comprende 2 postazioni: *Air Vehicle Operator Station (AVOS)* and *Payload Operator Station (POS)*. Ha la stessa stazione di terra sviluppata per AWHERO.
- **Data-Link System**: il *Wide Band Data-Link* utilizza l’innovativa *meshing technology* ed è lo stesso sistema utilizzato per AWHERO.
- **Mission Payload**: SW-4 Solo può portare minimo 470kg. Ciò permette l’installazione a bordo di un completo *sensor suite* ad alta *performance* in grado di soddisfare un importante *range* di requisiti operativi e di missione. La configurazione basica è la seguente:
 - *Electro Optical/Infra-Red EO/IR L3* (typical: Wescam CMX-15)
 - *IFF Transponder*
 - *Maritime Radar* (typical Leonardo Osprey 30 Radar)
 - AIS
 - *ESM SIGINT* (typical Leonardo SAGE 659)

In questa configurazione, le performances del sistema sono le seguenti:

- *Max Speed of 200 km/h*;
- *Max Altitude of 4,5 km*;

- *Max Range 100 km*;
- *Max Endurance 6-8 hours*.

SW-4 Solo verrà ulteriormente sviluppato con l’implementazione delle seguenti caratteristiche entro il 2021:

- *Full Marinization (deck lock, emergency floatation system, mooring system)*;
- armamento (dimostrazione della capacità di portare missili leggeri ed essere ingaggiato in missioni *combat*);
- installazione a bordo sistema *SatCom* per pilotaggio remoto e scambio dati *payload* via satellite, con incremento del raggio di operazione.

Infine un ulteriore programma di “*performance improvement*” sarà lanciato a breve per aumentare ulteriormente *endurance* e capacità di carico.

L’intensa attività di sviluppo e validazione effettuata sull’SW-4 SOLO ha consentito all’Industria di acquisire il *Know-how* necessario a sviluppare la tecnologia per la conversione di prodotti *manned* in piattaforme *Optionally Piloted*, che si potrebbe pertanto estendere ad altri prodotti Leonardo.

Applicazioni di Virtual e Augmented Reality nel campo dell’Addestramento – Rotary Wing

Per una descrizione generale dell’utilizzo di VR e AR in ambito industriale/militare, si faccia riferimento ai paragrafi **La simulazione nella logistica (Realtà aumentata e Virtuale)** e **La simulazione nell’addestramento** del presente documento.

Nel presente paragrafo si vuole presentare alcune possibili applicazioni disponibili.

VR and AR Training Device with Motion capability

Il *Virtual Reality Procedural Trainer VRPT* è un dispositivo di addestramento procedurale che riproduce l’abitacolo dell’elicottero in un ambiente di realtà virtuale completamente immersivo mediante l’uso di HMD (*Head*

Mounted Display) e il *tracking* delle mani.

Con questo tipo di dispositivi è possibile addestrare gli operatori, riducendo rischi e costi rispetto all'addestramento sul campo, che non viene sostituito ma reso complementare all'addestramento virtuale.

Fra le diverse operazioni che si possono rappresentare con questi dispositivi, si segnalano in particolare:

- familiarizzazione con il *cockpit*;
- controlli pre-avvio;
- logica dei moduli base e superiore del pilota automatico;
- *Flight Management System*;
- procedure normali e di emergenza;
- familiarizzazione della simbologia dei sistemi e del *display*;
- procedure di gestione del motore.

VR Winchman and Gunner Training

Il sistema di addestramento per l'operatore di verricello e l'armiere combina una tecnologia di simulazione all'avanguardia con il più recente monitoraggio della realtà virtuale. Consente agli operatori di addestrarsi su una serie di procedure normali e anormali per mezzo di *display* montati sulla testa e guanti virtuali dedicati per consentire l'interazione con il cavo fisico rappresentativo presente nel *mock-up* della cabina.

Fra le diverse operazioni che si possono rappresentare con questi dispositivi, si segnalano in particolare:

- familiarizzazione e orientamento della cabina posteriore;
- operazioni di sollevamento;
- operazioni sotto carico (USL);
- addestramento con gli occhiali per la visione notturna (NVG);
- gestione delle comunicazioni;
- verricello, malfunzionamento del carico / procedure di emergenza;
- possibilità di includere anche l'addestramento multi-ruolo (ad es. Portamitragliere, operatore della console di missione).

Infrared Stress Monitoring System

La Divisione Elicotteri di Leonardo ha sviluppato, insieme all'Università "Gabriele D'Annunzio" di Chieti-Pescara, alla società Next2U e in collaborazione con l'AVES, una nuova metodologia oggettiva in grado di valutare l'efficacia della *Human Machine Interface* (HMI) e denominata *Infrared Stress Monitoring System* (ISMS).

Questo progetto è finalizzato alla validazione di metriche basate su indici psico-fisiologici, per valutare il carico di lavoro dell'equipaggio oggettivo in tempo reale durante tutto il loro comportamento e gli indici cognitivi e di *stress*.

Riconoscere e mitigare il potenziale di degrado delle prestazioni, errori e incidenti causati da *stress* e rischi aero-medici è sempre stato fondamentale nella progettazione e nello sviluppo degli aeromobili. Questa prospettiva è particolarmente rilevante nello sviluppo di sistemi di *Manned UnManned-Teaming*.

Il sistema trova oggi applicazione in ambiente di Simulazione dove viene impiegato per:

- prototipazione/ottimizzazione degli aspetti di HMI;
- misurare il livello di *stress* durante i voli operativi simulati;
- tarare le sessioni di addestramento al carico cognitivo e allo *stress* dello studente.

Mini-UAV Fixed Wing

Il velivolo denominato CREX rientra nella categoria MINI APR, rimanendo nei limiti del bilanciamento, struttura e propulsione contiene il peso entro i 2,3 kg.

Il *payload* attuale è in grado di operare *day-night* includendo, per le esigenze operative richieste dal mercato, anche la capacità laser pointer (*payload* EO/IR/LP).

L'attuale Sensore Elettro-ottico ha una

risoluzione HD > 1280x720 e un FoV: *Wide* > 55° - *Narrow* < 3,5° (optical) e uno zoom ottico continuo > 10x - *digital zoom* > 2x. Il sensore LW IR, invece, ha una risoluzione > 640x480 e un FoV: *Wide* > 30° - *Narrow* < 10° (dig) con *zoom digitale* > 4x. Infine, il Sensore *Laser Pointer* è di una classe < 3b - 800-850nm +/-10nm a impulso continuo.

Il sistema garantisce un raggio operativo di almeno 10 km in cui il collegamento con la SCCV è stabile (con segnale e messaggi contenuti ricevuti correttamente).

La CUCS si basa su un *notebook rugged* della serie PANASONIC (prevedere l'aggiornamento del *notebook* in considerazione delle obsolescenze tecnologiche).

Il sistema attualmente opera nella gamma 2450-2468 Mhz ed è stato predisposto per operare in una seconda gamma di frequenza (2025-2040 MHz o 2200-2215 Mhz).

L'attuale performance di volo garantita è di 80 minuti, ma stante l'evoluzione delle batterie si potrà garantire nel prossimo recente futuro sino a più ore.

Stante la versatilità del sistema lo stesso potrà utilizzare *payload* diversi secondo il tipo di missione richiesto.

Il velivolo RPAS potrà essere reso disponibile per dimostrazione operativa presso i laboratori di Ronchi dei Legionari.

Falco-EVO

Il sistema APR ad ala fissa "FALCO-EVO" ha un peso massimo al decollo certificabile non eccedente i 650 Kg. Il velivolo garantisce di comunicare via radio con gli apparati militari/peculiarissimi dell'Esercito Italiano ed è dotato di apparati radio per la comunicazione con gli enti ATC.

In condizioni di sicurezza, al Peso Massimo al Decollo certificato (100% M.T.O.W.), può atterrare e decollare da una pista di lunghezza

inferiore a 600 metri. Al fine di garantire facilità di reperimento del carburante il sistema APR è dotato di un propulsore in grado di funzionare con carburante *diesel* di comune utilizzo in ambito automotive.

È dotato di un data *link* doppia banda LOS operante in banda C e BLOS operante in banda Ku.

L'UAV Tattico ha un'autonomia di almeno 20 ore con un carico utile (*payload*) minimo di 40 kg e ha un (*payload*)imbarcabile pari a 120 Kg. Inoltre, è in grado di effettuare missioni di sorveglianza assicurando una persistenza sul punto di interesse di 15 ore a 200 km con un *payload* minimo di 40 kg (LOS) oppure di 6 ore a 500 km (BLOS).

Secondo il tipo di *payload* che può essere installato può svolgere missioni di:

- sorveglianza multispettrale in linea di vista o satellitare;
- sorveglianza EO/IR a lungo raggio con capacità di *relay* delle comunicazioni;
- SIGINT;
- sorveglianza armata.

Il velivolo è operativo in una base nazionale e se necessario lo si può rendere disponibile per prove di volo per esigenze dell'Esercito Italiano.

Falco Xplorer

Il sistema UAV FALCO XPLOERER è un *asset* in grado di eseguire missioni di sorveglianza persistente in teatro e missioni di pattugliamento (frontiere, sorveglianza costiera, prevenzione dell'immigrazione, sorveglianza di elettrodotti etc.) diventando un prezioso nodo informativo e di intelligence integrabile con qualsiasi Rete C4I nazionale.

La configurazione tipica del sistema comprende una stazione di controllo a terra (GCS) collegata a un terminale dati (GDT), un'attrezzatura di supporto (GSE) e, in genere, tre velivoli con suite di *payload* di missione associati.

- DATI FISICI: Apertura alare 18,5 m - Lunghezza 9 m - Altezza 4 m - MTOW 1.260 Kg;
- PAYLOAD:
 - E/O IR: 15" (LND LEOSS, LEOSS-T; Wescam MX15, MX15D, MX20);
 - SAR: LND Radar Multimodo (modi marittimi, terrestri, aria-aria) Gabbiano T80, Banda X;
 - ELINT: LND SAGE;
 - Altri Payload: AIS, VHF Voice relè, DMR, IFF.
- DATALINK:
 - LOS (range 200 KM): un datalink per Comando e controllo e dati Sensori in banda C/S (a richiesta) con una capacità di 8 Mbit ed un datalink (per ridondanza) per Comando e controllo in banda UHF;
 - BLOS: un datalink per Comando e controllo e dati Sensori in banda Ku con una capacità di 8 Mbit ed un datalink (per ridondanza) per Comando e controllo in banda L.
- PRESTAZIONI/OPERATIVITÀ:
 - velocità 60 *knots* (Sorveglianza), 120 *knots* (massima orizzontale);
 - *endurance*: tipica 24h (con 200 Kg *payload*);
 - decollo: 2500 ft (ISA, MTOW);
 - tangenza: 24.000 ft.

Il velivolo è operativo in una base nazionale e se necessario lo si può rendere disponibile per prove di volo per esigenze dell'Esercito Italiano.

Simulazione Distribuita e Federata

I recenti sviluppi nella tecnologia di *cloud computing* e architetture orientate ai servizi offrono l'opportunità di utilizzare meglio le capacità di fusione e acquisizione per soddisfare le esigenze di formazione di organizzazioni industriali o governative. Il M&S "*as a Service*" è un nuovo concetto che include l'orientamento al servizio e la fornitura di applicazioni M&S attraverso il modello di *cloud computing as-a-service* per consentire ambienti di simulazione più modulari che possono essere implementati ed eseguiti su richiesta.

Un tema direttamente legato al *Cloud Computing* è quello della disponibilità di risorse di rete. Infatti, la capacità di calcolo necessaria per realizzare una simulazione è fortemente dipendente dalla tipologia di simulazione che si vuole effettuare e dalle risorse richieste. Questo tema, legato al concetto di Simulazione Distribuita introdurrà anche i concetti di scalabilità e riuso delle risorse.

I sistemi di simulazione (altrimenti detti simulatori) ricoprono un ruolo sempre maggiore nell'addestramento, sia in ambito civile sia militare, tale ruolo è destinato ad accrescere in importanza nel futuro.

Negli anni passati, i sistemi di simulazione venivano utilizzati in maniera autonoma (modalità "*stand alone*") allo scopo di fornire addestramento all'uso di una determinata piattaforma navale, aerea o terrestre. Negli ultimi anni, a seguito dello sviluppo delle tecnologie e delle reti di comunicazione digitale, è divenuto possibile connettere tra loro in rete sistemi di simulazione installati in luoghi diversi, allo scopo di effettuare sessioni di addestramento congiunto, passando quindi a ciò che viene definito simulazione distribuita.

Tavolo Tattico Integrato con Tecnologia Olografica 3D

Leonardo, con la collaborazione della Marina Militare Italiana, ha coordinato una prima di una esercitazione in mare condotta con una flotta internazionale composta da 5 Unità Navali, un elicottero SH90 e 9 veicoli *Unmanned* (subacquei, di superficie e volanti). Questa fase prevedeva che le informazioni raccolte in mare dalla flotta (dati, immagini e video *streaming*) fossero visualizzati nei centri di controllo a terra, denominato "*Tactical Situation Digital Table*" (TSDT), a Bruxelles (EDA), a Roma (QGM Marina Militare) e negli altri centri di comando marittimo (Spagna, Portogallo, Grecia).

Il *Tactical Situation Digital Table* si compone di quattro stazioni dislocate sulle due unità navali italiane, al centro di controllo di Roma e di Bruxelles, tutte identiche come composizione

HW (server, *networking* e console 55" e 24" *multitouch*), che mostrano l'evoluzione della situazione tattica nel corso dell'esercitazione, trasmettendo dati e *streaming* video degli eventi in tempo reale nel corso dell'esercitazione. In particolare tutti i mezzi *UnManned* erano dotati di telecamere e sensori che riportavano immagini e informazioni alle proprie navi madre e da queste erano veicolati via satellite ai rispettivi centri nazionali di comando e controllo aero-navale. Il TSDT raccoglieva tutti i contributi provenienti dai mezzi dispiegati in mare, riportandoli alla sala di controllo del centro di comando europeo dislocato a



FIG. 67 - WEB OF CONNECTIVITY

Bruxelles. Gli obiettivi tecnologici di base sono stati tutti raggiunti con successo, realizzando di fatto il primo prototipo di *Maritime Operation Center* per la *European Defence Agency*.

Questo laboratorio di sviluppo e *test* del TSDT è attivo e disponibile in Leonardo per dimostrazioni all'Esercito Italiano per applicazioni di Comando e Controllo di più assetti in uno scenario complesso. Nell'ambito della *Situational Awareness* a particolare supporto alla comprensione dello scenario operativo mediante Tavolo Tattico, si dimostra adeguato l'impiego di tecniche olografiche mediante dispositivi *Hololens* per la visualizzazione di Scenari Operativi 3D. In un Tavolo Tattico Olografico 3D più di un operatore può visualizzare e interagire con uno scenario tattico

di missione olografico nel quale sono visualizzati in 3D: geografia e dati di rilevanza informativa del territorio, simbologia e dati delle piattaforme coinvolte in una missione, simbologia e dati rilevati dai sensori, dati meteo, etc, sui quali l'operatore è in condizione di accrescere il livello informativo avvicinandosi effettivamente agli oggetti visualizzati o muovendosi intorno al Tavolo Tattico Olografico. Applicazioni di questo tipo danno già idea di come saranno pensati (e realizzati) ambienti di *Battlespace management* e *mission following*, con prospettive di impiego di assistenti virtuali a supporto dell'interazione uomo-macchina e dell'analisi evolutiva dello scenario, con interfacce uomo-macchina.

Neural Network e Convolutional Neural Network

Funzioni tipo **Target Detection e Recognition, Mission Data Exploitation, Threat Monitoring, Situational Awareness, Decision Making**, sono aspetti base per condurre una missione ISR e i contesti di autonomia e persistenza di missione ben si aggiungono a completare il quadro operativo considerando però che con il

sempre più crescente volume di informazioni da analizzare nei sistemi di missione, diventa sempre più difficile prendere decisioni e tenere allo stesso tempo il *workload* dell'operatore il più basso possibile, in particolar modo quando il numero di operatori è contenuto.

Condizioni di elevato interesse e di attualità si presentano nella rilevazione, classificazione e identificazione di oggetti all'interno di immagini e video. Tecniche quali *Neural Network* e *Convolutional Neural Network* si prestano allo scopo rendendosi particolarmente utili quando integrate in un sistema di sorveglianza come l'ATOS e l'*Xplorer* di Leonardo, dove un componente di questo tipo permette l'individuazione, classificazione e *tracking* di oggetti all'interno di un video *standard*.

In tale contesto, sono in corso attività di

Ricerca con il Politecnico di Torino riguardo allo sviluppo di un componente decisionale basato su Intelligenza Artificiale per la gestione autonoma del *payload* di missione di un UAV sulla base di eventi di missione. In particolare, si possono analizzare alcune missioni di sorveglianza simulate, in merito alle quali sono state catturate le azioni di un operatore di missione nella gestione dei sensori di missione (EO e Radar).

Mission Management per applicazioni Manned e UnManned in un contesto Cyber Resilience

Particolare considerazione deve essere rivolta al contesto MUM-T (*Manned UnManned Teaming*) dove le *capability* nei sistemi di missione come componente di *Mission System* a bordo di una piattaforma *manned* e quelle di un sistema *UnManned* si prestano a una copertura di Livello di Interoperabilità (LoI) di tipo 4. *Capability* di autonomia di missione basata su Intelligenza Artificiale, data *exploitation*, connettività e data communication (*Data Link*) supportano adeguatamente scenari operativi dove configurazioni MUM-T con sensoristica a supporto di una *Situational Awareness* possono rappresentare una capacità determinante.

Sono previsti ulteriori sviluppi sia nel medio sia nel lungo termine. Per la descrizione si fa riferimento ai paragrafi corrispondenti nei capitoli dedicati.

Soluzioni AI nell'ambito del Comando e Controllo

Il ricorso a tecniche di intelligenza artificiale per i futuri sistemi di comando e controllo è molteplice. I nuovi sistemi di comando e controllo dovranno gestire una "plethora" di dispositivi *manned* e *UnManned* che dovranno operare insieme e che raccoglieranno elevate quantità di dati. A questa incredibile quantità di dati provenienti da un ingente numero di sorgenti andranno prevedibilmente aggiunte informazioni del tipo "open-source", informazioni di tipo governativo e di altra natura che non potranno essere gestite in maniera convenzionale.

Sarà necessario sviluppare tecniche basate su:

- *Big-data management and analysis* per gestire tutti i flussi di informazione;
- nuovi *link* per assicurare l'interoperabilità fra i vari mezzi e la velocità di trasmissione di dati e immagini;
- nuove tecniche di integrazione dei dati e delle informazioni e nuovi approcci per *Human Machine Interface* per non sovraccaricare gli Operatori;
- algoritmi e architetture basate su intelligenza artificiale almeno per due principali funzioni: la gestione autonoma dei mezzi unmanned e il supporto ai "decision makers" presentando una lista sintetica di possibili opzioni;
- capacità di inserire le navi in reti complesse, flessibili e affidabili;
- capacità di prendere decisioni veloci.

Sensori passivi bi-banda (FM e DVB-T) – tecniche multi-statiche

Il radar ha due ricevitori collegati a due *array* circolari uniformi (UCA), ciascuno con otto elementi; un *array* che opera nella banda FM e l'altro nella banda DVB-T. Questi forniscono una copertura a 360° dove ciascun ricevitore è costituito da otto canali riceventi coerenti collegati ai dipoli degli *array*, per un totale di 64 canali di ricezione simultanei. Il segnale RF da ciascun dipolo viene filtrato, amplificato e quindi campionato. Il sistema utilizza tecniche di *beamforming* digitale (DBF) e tecniche multi-statiche, sfruttando una o più stazioni di trasmissione contemporaneamente. Ciò richiede la generazione di più fasci di antenna con "set" di pesi adeguati, almeno tre fasci per ogni stazione (due di sorveglianza e uno di riferimento). L'elaboratore del segnale esegue la cancellazione dell'interferenza co-canale, genera le mappe di *doppler* di portata, applica il rilevamento costante della frequenza di falsi allarmi (CFAR) e genera i *plots* per i successivi algoritmi di 'data processing' (*tracker*).

Le capacità del sistema radar sono di grande utilizzo in campo terrestre e sono a disposizione della Forza Armata.

NET-Centric Warfare Capability

L'evoluzione delle connettività che coinvolgono le piattaforme di qualsiasi tipo, deve andare sempre più nella direzione del "networking IP".

L'obiettivo di lungo periodo è la sostituzione dei sistemi "tradizionali", basati su protocolli a messaggi, con una rete IP le cui caratteristiche dovranno essere però fatte evolvere al fine di rendere questo protocollo più adatto all'utilizzo in contesto tattico "wireless" comprendente piattaforme di qualsiasi tipo sino a quelle a elevata dinamica. Tra le caratteristiche che ci si aspetta saranno oggetto di miglioramenti vanno annoverate la gestione della qualità del servizio (QoS), la gestione della rete sotto vari aspetti (accesso dinamico, indirizzamento ecc.), la sicurezza a livello IP e la gestione della sincronizzazione, solo per citarne alcuni.

Le tecnologie di base sulle quali lavorare per questa evoluzione sono quella della connettività a Larga Banda, sia in Linea di Vista (LoS) che satellitare (BLOS). Il percorso di crescita è dalle necessità di:

- incrementare la quantità di informazioni da scambiare (maggiore banda a disposizione degli utenti);
- supportare comunicazioni multi punto per implementare i concetti di rete di cui sopra (ad esempio reti MANET/FANET);
- avere caratteristiche di bassissima detection (LPI/LPD) e alta resilienza alle interferenze (*jamming*).

Gli equipaggiamenti hanno la capacità di integrare le tre dimensioni e migliorare l'interoperabilità tra le varie forze in gioco negli scenari più complessi.

New Generation Cockpit e Mission Computer per future applicazioni terrestri

Il sistema prevede l'integrazione in *real-time* di mappe, visione sintetica, immagini e simbologia di volo, che saranno implementate sul programma AW249 - NESS e in particolare su:

- *Smart Large Area Display, computer e*

display (20"x8" single glass redundant) integrati per applicazioni avioniche. Model B del programma NESS per EI e spin-off per evoluzioni di Large Area display per ulteriori applicazioni come ad esempio quelle veicolari;

- *Enhanced Digital Control Unit (EDCU) Model B per programma NESS e spin-off per ulteriori applicazioni come ad esempio quelle veicolari.*

La tecnologia può essere applicata non solo per piattaforme aeree, ma anche per piattaforme terrestri ad alte prestazioni.

Autoprotezione Piattaforme – MAIR (Multiple Aperture Infra-Red)

Il **MAIR – Multiple Aperture Infra-Red** si presta come soluzione al problema dell'autoprotezione di piattaforme aeree e terrestri, rispetto a minacce autopropulse quali missili, MANPADS o armi da fuoco (HFI). È idoneo a supportare il rilascio di contromisure in ambiente tattico e ad avvisare il pilota di attività ostile da terra.

La peculiare esperienza maturata su sistemi IRST (*InfraRed Search&Track*) avionici consente di estendere a sistemi a focale fissa modalità aggiuntive quali:

- la visione notturna a bassa latenza senza angoli ciechi (il sistema MAIR è predisposto per algoritmi di visione sintetica o di realtà aumentata);
- il tracciamento automatico di bersagli aerei. Questa modalità può essere integrata in un sistema di difesa areale, da postazione fissa o veicolare, nei confronti di droni anche di piccole dimensioni, garantendo un'efficace funzione di "early warning" giorno e notte, nonché un accurato tracciamento angolare della minaccia per l'asservimento di una videocamera a focale variabile, per la classificazione definitiva e l'ingaggio di eventuali contromisure *soft o hard kill*;
- tracciamento automatico *air-to-ground*. Questa modalità può essere sviluppata per consentire a piattaforme *Manned o UnManned* la rivelazione, ed in

tracciamento automatico, di oggetti in movimento a terra quali veicoli o personale appiedato anche in condizioni di buio completo.

CYREM (PNRM, anno 2017.06, in collaborazione con SIRA)

“*Cyber Security, Resilienza ed Efficienza delle Microgrid per basi operative avanzate*”, CYREM, è una soluzione per l’utilizzo sicuro di *microgrid* in FOB invece dei tradizionali generatori a gasolio, che comportano un carico oneroso sul *combat support* (scorte ai convogli, dipendenza dalle forniture). CYREM coniuga autoriparazione, aumento dell’affidabilità per carichi *mission-critical*, resistenza ad attacchi o sabotaggi informatici e tradizionali, aumento della resilienza a guasti e malfunzionamenti, riduzione del costo dell’energia, riduzione del supporto logistico, miglioramento della qualità dell’energia, e incremento dell’efficienza del sistema energetico (in termini di perdite sulla rete).

Cognitive system based on a Trustworthy AI (iniziativa di Applied Research)

Il livello di beneficio ottenibile tramite una tecnologia basata sull’Intelligenza Artificiale non può prescindere dal livello di fiducia che l’operatore umano pone nei suoi confronti.

Da qui la necessità di questa iniziativa con i seguenti principali obiettivi:

- acquisire il necessario *Know-How* e recuperare il tempo perduto agganciandosi allo stato dell’arte delle funzionalità disponibili basate su AI;
- ruolo di *de-risking* di alcune delle attività relative alle funzionalità stabilite nell’originario progetto m-MUGS con l’obiettivo di eseguirle in ogni caso e arrivare a dei risultati tangibili;
- dimostrare concretamente le potenzialità di una *Trustworthy AI* nel campo della difesa, tenendo conto del requisito di realizzare una IA affidabile e trasparente degna di fiducia da parte degli operatori, sviluppando le seguenti funzionalità

autonome:

- tracking di un oggetto/persona di interesse;
- stima di pericolosità di una persona di interesse;
- spiegabilità dell’IA verso l’operatore umano;
- implementazione delle funzionalità IA su HW di bassa Potenza.

Sono previsti ulteriori sviluppi nel medio termine in base ai risultati e all’evoluzione tecnologica del progetto.

AR: Integrazione della funzionalità HUMS su Centauro 2 MGS 120/105

L’applicazione di sistemi HUMS a piattaforme complesse (veicoli, aerei, etc.) permette di ottenere notevoli vantaggi in termini di sicurezza strutturale, disponibilità e programmazione del piano di manutenzione, quest’ultimo basato sulla conoscenza dello stato di salute strutturale e funzionale dei componenti e dell’intero sistema. L’attività, in particolare, riguarda lo sviluppo di un modello *Digital Twin* (DT) del sistema torre HITFACT 2 per il veicolo Centauro MKII, nell’ambito della definizione di un sistema HUMS per tale piattaforma. La funzionalità HUMS è quindi la risposta alla sempre costante e attuale domanda per:

- una maggiore disponibilità operativa del sistema;
- una maggiore affidabilità del sistema;
- una riduzione dei costi e semplificazione della manutenzione;
- una maggiore conoscenza dello stato di salute dei mezzi del parco per la definizione delle missioni operative.

Si usa lo stesso approccio seguito nel caso del *Cognitive System* basato su AI ma con una sostanziale differenza: si applica lo studio alla piattaforma esistente Centauro 2 con l’obiettivo di estendere lo studio anche ad altre piattaforme, visti i notevoli vantaggi che ne derivano.

Sono previsti ulteriori sviluppi nel medio termine a seconda dei risultati e dell’evoluzione

tecnologica del progetto.

Possibili/Futuri nel medio periodo (2021-2024)

Progetto Veicolo Autonomo di Supporto al Combattimento

Il principale obiettivo è quello di definire un'architettura comune ai sistemi *combat*, *Manned* ed *UnManned*, di nuova generazione individuando sottosistemi comuni modulari scalabili che possano essere integrati anche in veicoli *legacy* migliorandone sensibilmente le prestazioni, il tutto orientato ad avere un'elevata affidabilità, agilità, migliore versatilità e interoperabilità tra differenti sistemi. Il progetto si articolerà in due fasi:

- Fase 1: partendo dallo studio dei sistemi attualmente in servizio si definirà, sino alla fase di *preliminary design*, un sistema *UnManned* di piccole/medie dimensioni (<10Ton) da impiegare per *dismounted soldier support* e *manned vehicles flanker /forerunner*;
- Fase 2: progettazione esecutiva del *Robotization Kit* comune e applicabile a UGV e *Legacy manned Vehicles*.

Gli obiettivi a lungo termine, in funzione del *budget* disponibile (EDF / MoD), sono i seguenti:

1. realizzazione di una nuova piattaforma *UnManned* (Veicolo Autonomo di Supporto al Combattimento) dotata delle funzionalità AI previste e sviluppate in seno all'iniziativa di ricerca applicata "*Cognitive system based on a Trustworthy AI*" precedentemente citata.
2. in base alla disponibilità di un veicolo *manned combat legacy*, realizzazione di un dimostratore *Ablegacy combat* UGS sfruttando il *Robotization kit*.

In ogni caso, per portare avanti il progetto saranno necessari altre fonti di finanziamento oltre ai fondi di autofinanziamento accantonati per l'ex proposta mMUGS.

(Questa iniziativa va in continuità con il progetto mMUGS non assegnato che fa riferimento al progetto europeo per EDIDP 2019 di cui al

capitolo 5).

Progetto EPPGM : European Precise and Guided Munition

L'obiettivo di questo progetto è la realizzazione di una munizione guidata per artiglieria da 155 mm, di nuova generazione, in grado di intervenire con la precisione (metrica) richiesta in tutti gli scenari dove non sono ammessi danni collaterali, anche in ambienti dove il funzionamento dei sistemi di navigazione basati su GPS sono compromessi. Il progetto include l'aumento della distanza operativa, l'introduzione di capacità autonome di ingaggio dei bersagli attraverso l'uso di sensori FarIR e SAL supportati da Intelligenza artificiale, l'ingaggio di bersagli "nascosti", attraverso una fase terminale con angoli di arrivo opportunamente sezionati (tra cui il "*reverse slope*"), la possibilità di riprogrammazione durante il volo e la capacità di essere efficace contro bersagli in movimento corazzati. Il progetto parte dalla configurazione esistente della munizione VULCANO 155 GLR qualificata e prossima a entrare in servizio.

(Questa iniziativa fa riferimento al progetto europeo per EDIDP 2020 di cui al capitolo 5).

Progetto Ground Combat Capabilities (GCC)

I principali obiettivi sono definire un'architettura comune ai sistemi *armoured* di nuova generazione individuando sottosistemi comuni modulari scalabili che possano essere integrati in veicoli *legacy* migliorandone sensibilmente le prestazioni, il tutto orientato ad avere un'elevata affidabilità, agilità, migliore versatilità e interoperabilità con i sistemi di nuova generazione e con i futuri sistemi *UnManned*. Il progetto partirà dallo studio dei sistemi attualmente in servizio (i.e.: MBT, IFV, APC e LAV) per poi concentrarsi su un sistema cingolato modulare e scalabile da cui si possano derivare un MBT e un *Heavy IFV* di nuova generazione.

L'ambizione del progetto arriva sino alla costruzione e *test* funzionale di un sottosistema rappresentativo scelto tra quelli individuati

durante lo studio. (Questa iniziativa fa riferimento al progetto europeo per EDIDP 2020 di cui al capitolo 5).

DVE (Degraded Visual Environment)

Le condizioni di visibilità degradata sono definite come “la riduzione di grado variabile della visibilità in una misura tale per cui la *Situational Awareness* e il controllo della piattaforma non possono essere mantenute in modo completo come lo sono in condizioni normali di visibilità (*Visual Meteorological Condition*) fino alla perdita totale”. Inoltre, esse possono essere causate dall’ambiente stesso (oscurità, eccesso di luce, pioggia, neve, fumo, sabbia e polveri sollevate dal vento, nuvole, nebbia) o nel caso di piattaforma aerea per effetto del movimento del rotore che porta a sollevare sabbia e polvere (*brownout*) piuttosto che neve (*whiteout*).

Al momento attuale né la sensoristica né i sistemi di controllo del volo hanno caratteristiche prestazioni tali da consentire di realizzare una integrazione efficace e sicura. Pertanto l’evoluzione avverrà su entrambi i fronti sia dal punto di vista strettamente prestazionale sia di quello della integrità che è il fattore essenziale per il successo di questa integrazione.

Altri fattori importanti sono e saranno oggetto di evoluzione a supporto di questo passo importante: la disponibilità di sensori multi funzionali ovvero capaci di fornire un contributo a sottosistemi oggi separati come ad esempio il MAIR di Leonardo che appartiene nominalmente al sistema di autoprotezione ma che può essere usato come sistema video atto a fornire una immagine a 360° utilissima nel mondo DVE o come i *radar* e i sistemi di rilevazione ostacoli (OWS) che potranno supportare sia il loro scopo attuale ma avendo in più la capacità di rilevare ostacoli in presenza di oscuranti durante la fase di approccio ed atterraggio.

Capacità Iperspettrale

Per definire il contesto in cui lo strumento militare terrestre dovrà agire nel prossimo futuro, prevalentemente caratterizzato da

aree fortemente diversificate e molto spesso collocate in prossimità di zone costiere e pluviali, conoscere nel dettaglio le aree operative (e il loro modificarsi) in cui si opera diventa di fondamentale importanza non solo sopra la superficie, ma anche nel sottosuolo.

Per questo motivo, questa nuova tecnologia potrebbe essere messa a supporto di una serie di esigenze operative, quali ad esempio:

- ISR, al fine di pianificare le azioni e allocare al meglio le risorse;
- *target acquisition*, per rilevare possibili anomalie negli scenari;
- operazioni sotterranee, per contrastare le forze avverse che sfruttano questa dimensione e/o utilizzare la stessa dimensione per operazioni speciali;
- a beneficio di sistemi / sotto-sistemi per la comunicazione, la scansione del terreno, la visione termica e la neutralizzazione di elementi avversi.

Pertanto, un sistema iperspettrale, così realizzato, potrà risultare strategico per le operazioni in teatri operativi nazionali e internazionali, sviluppando con il supporto della Forza Armata delle librerie ad *hoc* che gli permettano di determinare una mappatura di “soluzioni” a supporto di molteplici scenari operativi.

La simulazione nella logistica (Realtà aumentata e Virtuale)

La realtà virtuale (*Virtual Reality - VR*), per sua stessa definizione, simula la realtà effettiva. L’avanzamento delle tecnologie informatiche permette di navigare in ambientazioni foto-realistiche in tempo reale, interagendo con gli oggetti presenti in esse.

Anche se, a livello teorico, la realtà virtuale potrebbe essere costituita attraverso un sistema totalmente immersivo in cui tutti i sensi umani possono essere utilizzati, attualmente il termine è applicato solitamente a simulazioni che coinvolgono la vista e l’udito.

La realtà virtuale immersiva utilizza alcune periferiche quali: visore (un casco o dei

semplici occhiali con schermi vicini agli occhi che nascondano il mondo reale e lo sostituiscano con quello virtuale); sensori (rilevano il movimento della testa in modo che il mondo virtuale segua i movimenti reali dell'utente); auricolari (trasmettono i suoni del mondo virtuale all'utente); *controller* (uno o due controller da impugnare permettono di interagire con il mondo virtuale).

La riproduzione della realtà attraverso i dispositivi per la realtà virtuale nell'ambito militare, da parte di Leonardo, si sta iniziando ad utilizzare per i seguenti scopi: addestramento all'utilizzo di un mezzo; addestramento alla riparazione di un dispositivo; addestramento alle procedure; riproduzione di un luogo di interesse o di un bersaglio per la preparazione della missione; tavolo tattico condiviso con individui geograficamente distanti. Ed è quello che andremo a fare a breve nel mondo della simulazione e della logistica.

Parimenti, sforzi si stanno iniziando a fare anche nell'ambito della realtà aumentata (*Augmented Reality* – AR), dove l'arricchimento della percezione sensoriale umana mediante informazioni che non sarebbero percepibili con i cinque sensi, permettono alla persona di percepire la realtà fisica che la circonda con alcune aggiunte o manipolazioni e in tempo reale.

Nell'ambito militare la realtà aumentata si intende adottarla per applicazioni: a supporto della manualistica, per l'utilizzo o la manutenzione di un oggetto; addestramento delle truppe sul terreno, in cui i nemici e i mezzi sono virtuali; sovrapposizione di informazioni tattiche sul campo di battaglia (traiettorie, obiettivi, distanze, etc.).

La simulazione nell'addestramento

L'utilizzo del *Modelling & Simulation* (M&S) sta diventando sempre più intensivo sia in ambito industriale sia in quello militare della

Difesa. I modelli di simulazione utilizzano una varietà di tecniche che vanno dalle simulazioni chiuse, senza interazione umana e che vengono utilizzate principalmente per la ricerca e l'analisi fino alle simulazioni interattive in cui l'operatore ha un ruolo attivo (*"man-in-the-loop"*) andando a stimolare la simulazione introducendo così il processo decisionale umano. Quest'ultimo approccio sta trovando sempre più applicazione negli esercizi computerizzati (CAX).

L'uso del M&S a scopi militari è in grande espansione, come dai recenti lavori del M&S NATO *Steering Group* e allo scopo di sviluppare e applicare *standard* e procedure di

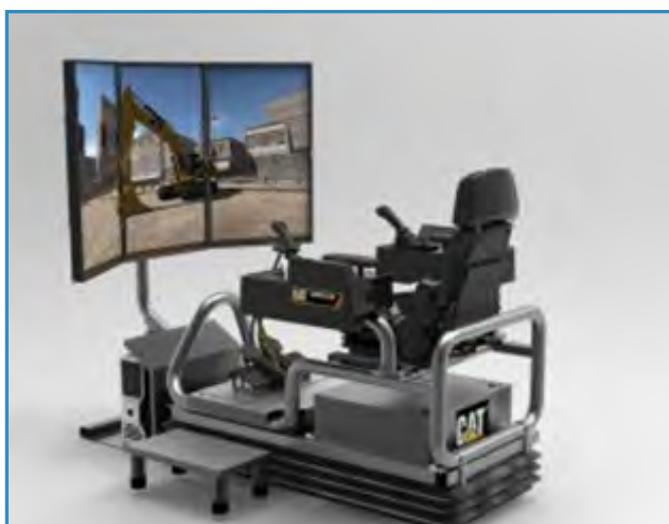


FIG. 68 – MODELLO DI SIMULAZIONE.

interoperabilità si sta passando ad architetture del tipo HLA (*High Level Architecture*).

Dati i molteplici vantaggi di un ricorso al M&S quali, ad esempio, la riduzione dei costi, l'ottimizzazione dei tempi, il miglioramento della qualità dei prodotti, la possibilità di addestramento (*training*) in condizioni estreme, in totale sicurezza (*safety*) e in scenari difficilmente riproducibili, Leonardo sta validando queste soluzioni e sta cercando di sfruttare questa opportunità offerta dal miglioramento continuo della tecnologia e dalle prestazioni informatiche.

Nell'ambito del *Modelling and Simulation* per l'addestramento rivestono una grande rilevanza

le tematiche relative: alle architetture di rete sviluppate per poter sostenere le simulazioni distribuite su larga scala e avere la capacità di supportare la grafica in modo opportuno; agli scenari nell'ambito dei quali è possibile distribuire una simulazione; ai modelli di *training* che è possibile realizzare con le tecniche e le tecnologie sviluppate; ai motori grafici con i quali si stanno sviluppando le varie soluzioni e che avranno nel futuro, un ruolo sempre più attivo e determinante; alle tecnologie che sostengono lo sviluppo di modelli sempre più performanti e attraenti.

Addestramento E-Learning

Con *e-learning* si intende l'impiego di tecnologie multimediali grazie alle quali veicolare l'apprendimento, migliorandone l'efficacia e la fruibilità generale. Un'ulteriore definizione potrebbe essere quella che indica l'*e-learning* come "l'apprendimento tramite canali elettronici".

I vantaggi dell'*e-learning* sono:

- connettività globale: studenti e insegnanti sparsi attorno al globo possono accedere tramite dispositivi elettronici (*pc, tablet, smartphone*) a risorse dislocate ovunque;
- utilizzo di mezzi multimediali e materiali didattici interattivi;
- indipendenza da vincoli di presenza o tempo, ovvero i corsi possono essere seguiti da qualunque posto e in qualunque momento;
- creazione e aggiornamento veloce del materiale dei corsi;
- supporto di materiali e risorse esterne tramite *hyperlink*;
- capacità di servire un gran numero di studenti senza costi di trasferta;
- distribuzione dei materiali di studio all'interno di classi virtuali;
- monitoraggio dell'apprendimento tramite metodi di valutazione;
- strumenti di collaborazione e interazione tra studenti e tutor.

Una qualsiasi piattaforma di LMS, poiché deve essere in grado di fornire un servizio di

formazione il cui contenuto sia catalogabile, tracciabile e riutilizzabile in diversi ambienti, deve fare riferimento ad un modello che definisca degli standard di catalogazione dei contenuti, delle metriche di valutazione, dei protocolli di comunicazione per consentire lo scambio di contenuti digitali indipendentemente dalla piattaforma stessa.

Per soddisfare questa esigenza è stato introdotto un modello di riferimento denominato SCORM.

Il modello **SCORM (Shareable Content Object Reference Model)** definisce, in ambito *e-Learning*, le specifiche relative al riutilizzo, tracciamento e catalogazione dei *Learning Object* (LO), i "mattoni elementari" con i quali vengono strutturati e costruiti i corsi fruibili in modalità elettronica. La piattaforma *e-Learning* si limita al solo compito di dialogare con i LO, mediante un sistema di messaggi.

Il satellite Europeo "GALILEO" – Terminali

Il **Galileo User Segment** comprende singoli utenti finali dotati di ricevitori PRS. La funzione principale dei PRS è quella di ricevere segnali Galileo, determinare il *pseudo-range* e risolvere le equazioni di navigazione al fine di ottenere le loro coordinate e fornire una sincronizzazione temporale precisa. Leonardo sta sviluppando dei prodotti Galileo PRS GB-GRAM Tipo I e *Compact Vehicular Receiver* (basati su GSRT1). Il Galileo PRS GB-GRAM Tipo I è il "core" del servizio PRS Galileo e dei ricevitori Leonardo. GSRT1 implementa un modulo di sicurezza, l'elaborazione PVT e il *front-end* RF in una scheda con fattore di forma GB-GRAM di tipo I, realizzando così un ricevitore PRS sicuro completo per adattarsi a navigatori Leonardo o di terze parti. Versioni basate su SoC e ASIC.

È stato riconosciuto che la soluzione vincente per il mercato emergente è:

- un ricevitore PRS completo;
- un adattamento di un fattore di forma *standard* (come GB-GRAM Tipo I, utilizzato per il GPS);
- la capacità di essere utilizzato così com'è

integrato in altri sistemi, o da collegare ai ricevitori Leonardo *Compact* o alle soluzioni di navigazione di terze parti;

- possibilità di essere applicato per tutte le soluzioni aeree, navali e terrestri.

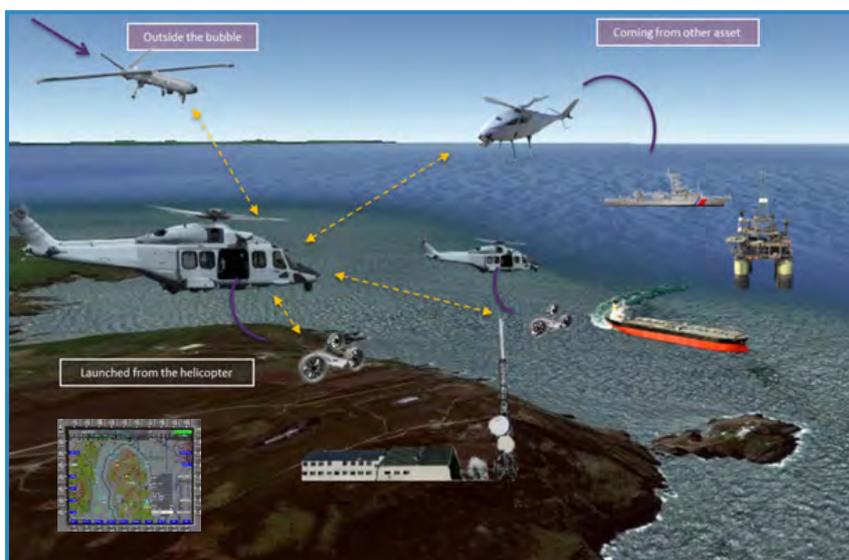


FIG. 69 - SIMULATION & TRAINING DEL SISTEMA RIACE

Capacità MUM-T (LoI 3 e LoI 4 e C2 Complessi)

Un MUM-T applicabile in modo efficace alle operazioni di combattimento terrestre deve possedere un livello di interoperabilità almeno pari a LoI 4, ovvero deve essere possibile:

- controllare gli UAS, sia in termini di comando che dei *payload*, direttamente dalla piattaforma *manned* (e.g. veicolo, carro armato, elicottero, velivolo, etc.);
- gestire gli UAS in modalità “*Task Oriented*”; l’operatore si concentra sugli obiettivi del *task*, generalmente operando attraverso i sensori, senza prendere in considerazione la pianificazione e controllo del volo del drone che viene fatta da sistemi dotati di AI, affinché il *payload* possa operare in condizioni ottime;
- iniziare a definire l’iterazione tra le piattaforme *Manned* e *UnManned* (requisiti di interoperabilità) dove le unità mini-micro UAV avranno una propria autonomia ed AI e dovranno interagire negli scenari futuri.

La sensoristica adeguata al contesto urbano,

i sistemi di missione *Manned* e *UnManned* in configurazione MUM-T, l’autonomia di missione basata su Intelligenza Artificiale, il *processing* a supporto della *sensor data exploitation* (correlazione e fusione dati), la

data analytics inclusiva di dati eterogenei *open source* a supporto di una superiorità e aspetti predittivi, l’analisi evolutiva dello scenario, la *data dissemination* adattativa, la connettività, le infrastrutture di *data communication*, la pianificazione e ri-pianificazione di missione, la simulazione e *training* di missione, sono tutti aspetti abilitanti

al supporto di scenari urbani e rappresentano

prodotti su cui Leonardo sta puntando come primo obiettivo di dimostrazione tecnologica abilitante.

Le *Capabilities* di *Simulation & Training* del Sistema RIACE- *Realistic Intelligent Agents for Computer Environments*, inoltre, supportano l’analisi di scenari operativi *multi-platform* e di tipo eterogeneo (*air* e *surface*) fino a considerare contesti operativi di flotta e sciame di droni oltre a componenti *ground* (e.g. *convoy*) a supporto della pianificazione di missione e risorse coinvolte.

Sono previsti ulteriori sviluppi nel lungo termine. Per la descrizione si fa riferimento al paragrafo corrispondente nel capitolo dedicato.

Capacità T5

Alcuni sistemi di difesa sono già connessi e *inter-operanti*, la gestione è affidata a uno strumento Leonardo denominato T3 System che si occupa della loro gestione remota, attraverso una architettura data-centrica e distribuita per lo scambio ed elaborazione dei dati, in tempo

reale. Un tale servizio, applicato ai sensori, è già in essere e sarà prevista una sua graduale evoluzione verso il T5 System con un suo possibile impiego anche nell'ambito dei *repair centers* come elemento in grado di fornire la stessa tipologia di funzionalità previste per il monitoraggio dei sensori.

Così, il **Sistema T5 (Tele-monitoraggio, Tele-controllo, Tele-diagnosi, Tele-configurazione e Tele-collaborazione)** sarà un *tool* avanzato di **Remote Prognostic and Health Management** per la gestione remota e centralizzata di sistemi complessi ed eterogenei. Le funzionalità si basano sostanzialmente sulla capacità di accedere, collezionare e processare i dati interni ed esterni ai sistemi; nonché sulla possibilità di cambiare (automaticamente e/o manualmente), da remoto, i *setting* operativi e semi-operativi per specifiche esigenze manutentive o di missione, in uno scenario operativo per sua natura dinamico e mutevole. Il T5 System consente inoltre di diagnosticare, leggere e aggiornare la configurazione dei sistemi e supportare e assistere gli operatori sul campo, specialmente nelle attività di manutenzione. Esso, infine, è anche un valido strumento di supporto alle decisioni per la gestione del rischio.

Il sistema sarà valido per ogni scenario e applicazione nei campi aerei, navali e terrestri.

Possibili/Futuri nel lungo periodo (2025 on FOC)

Medium RWUAV (800–1000 kg) (>400kg payload)

Gli scenari operativi prospettati alla base di questo studio evidenzerebbero la necessità di una piattaforma *UnManned* di una classe di peso intorno agli 800-1000kg di MTOW in grado di trasportare tra i 250-350 kg di carico utile.

I possibili impieghi operativi potrebbero spaziare dalla installazione di equipaggiamenti per impieghi complessi e sofisticati per:

- EW, ISR, ISTAR, ECM, *Air Launched Effectors*;
- individuazione bersagli e trasferimento

coordinate in tempo reale e *Laser Targeting* a favore di munizionamento guidato tipo Vulcano (127 e 155 mm) e bombe a guida *laser*,

al rifornimento di materiali (munizioni, batterie, vettovaglie, *medical*) in area contesa delle truppe in combattimento.

L'ipotesi per il lungo periodo potrebbe prevederne lo sviluppo, con EIS entro il 2030, previa valutazione dei requisiti della Forza Armata e del relativo *business case*.

Large RWUAV CCD3/Next Gen

Gli scenari operativi prospettati alla base di questo studio evidenzerebbero la necessità di una piattaforma *UnManned* di una classe di peso intorno alle 2000-3000 kg di MTOW in grado di trasportare circa 1000 kg di carico utile.

I possibili impieghi operativi potrebbero prevedere principalmente il rifornimento di materiali (munizioni, batterie, vettovaglie, *medical*) in area non fortemente contesa, per esempio dalle navi supporto o da una base logistica alla *front operative base* a ridosso delle truppe in combattimento.

Una piattaforma di questa classe sarebbe adatta in contesti in cui sono richiesti *heavy load, long range, high autonomy*.

L'ipotesi per il lungo periodo potrebbe prevederne lo sviluppo, con EIS entro il 2030, previa valutazione dei requisiti della Forza Armata e del relativo *business case*.

Xlarge NextGenTiltRotor Mil. OPV

Gli scenari operativi prospettati alla base di questo studio evidenzerebbero la necessità di una piattaforma *UnManned* di una classe di peso intorno ai 5000-7000 kg di MTOW in grado di trasportare tra i 1000 e 2000 kg di carico utile.

I possibili impieghi operativi potrebbero prevedere:

- rifornimento di materiali in area contesa,

- per esempio dalle navi supporto o da una base logistica alla *front* operative base a ridosso delle truppe in combattimento;
- Operazioni CSAR, CASEVAC, MEDEVAC (si potrebbe prevedere lo sviluppo di una versione OPV);
- ISR, EW.

Una piattaforma di questa classe sarebbe adatta in contesti in cui è richiesta una piattaforma in grado di fornire alte prestazioni in termini di velocità e volo in quota.

L'ipotesi per il lungo periodo potrebbe prevederne lo sviluppo, con EIS entro il 2030-2035, previa valutazione dei requisiti della Forza Armata e del relativo *business case*.

NH90 MLU OPV

La fine del decennio corrente segnerà, tra molti altri eventi significativi, anche il raggiungimento dei venti anni dall'entrata in Servizio Operativo del primo NH90. Il Programma avrà allora completato le consegne, completato i *retrofit* e reso disponibile alle Forze Armate la loro flotta elicotteristica più numerosa e tecnologicamente avanzata, che costituirà la spina dorsale delle operazioni RW in Teatro Operativo e non. Si rende quindi già oggi necessaria una considerazione sul futuro impiego del mezzo NH90, oltre il 2030, come elemento cardine della capacità operativa dello strumento militare.

In questa prospettiva, è fondamentale che i futuri sviluppi capacitivi della macchina, indicativamente da introdurre tramite uno *spiral development* ovvero con un vero e proprio progetto di *Mid Life Update*, non possano prescindere dal dotare l'NH90 delle funzionalità di MUM-T e di volo senza pilota. L'integrazione nel Sistema di Sistemi della capacità di *Teaming* con strumenti *UnManned* sarà allora determinante per permettere agli equipaggi dell'NH90 di condurre le proprie missioni in sicurezza, con piena *situational awareness* garantita dal flusso di informazioni prontamente disponibili ai piloti e potendo moltiplicare le proprie capacità tramite l'utilizzo di sensori remotizzati su RUAV costantemente connessi e lanciabili e pilotabili

dall'elicottero. Inoltre, grazie al *Fly-By-Wire* e alla sofisticatezza del sistema di navigazione, l'NH90 è naturalmente proiettato nella prossima generazione di piattaforme *Optionally Piloted* sulle quali applicare in naturale continuità le tecnologie già oggi sviluppate con successo sugli attuali dimostratori tecnologici. Saranno quindi possibili missioni condotte da coppie di NH90, dove l'elicottero *Manned* potrà gestire il suo equivalente *UnManned* moltiplicando il proprio *payload* di missione dimezzando l'impiego di personale specializzato (piloti e operatori) e, conseguentemente, gestendone in maniera ottimizzata l'esposizione al rischio in Operazioni (*Missioni Utility*, Dispiegamento di Forze e Mezzi, Recupero).

Capacità MUM-T (LoI 4 e LoI 5 – scenari C6I complessi - AI e sciame UAV)

L'obiettivo è quello di arrivare a un **MUM-T con LoI 5**, dove la piattaforma *manned*, prende il pieno controllo della piattaforma *UnManned*, in particolare: poter sganciare ed eventualmente recuperare (LoI 5) i droni dalla piattaforma *Manned* in prossimità della zona delle operazioni.

Obiettivo finale sarà quello di arrivare a una completa gestione di uno o più *UnManned* a bordo della piattaforma *Manned*, anche in un contesto dove si prevedono "sciame" di mini-micro *UnManned* con capacità autonoma e AI, per una totale capacità C6I.

Le ulteriori aree di sviluppo e driver tecnologici, che supporteranno la soluzione finale sono:

- l'interoperabilità fra le piattaforme sia per quanto riguarda il C6I di riferimento con sviluppo di architetture, scenari e simulazioni conformi agli *Standard* NATO;
- l'evoluzione degli *assets* da "Platform Centric" a "Distributed Functionality"; la combinazione di architetture diverse (velivoli, armi, sensori e sistemi di missione) che distribuiscono le *capability* verso un grande numero di piattaforme *manned/unmanned* interoperabili, permette soluzioni scalabili realizzabili in tempi e costi minori;

- la cooperazione di piattaforme miste: aeree, navali e di superficie;
- la modularità e scalabilità della soluzione identificata.

MR-CNR (*Multi Role – Combat Net Radio*)

La *Multi Role- Combat Net Radio* -MR-CNR- si rivolge al segmento militare dei sistemi di piattaforme terrestri (*Manned e UnManned*) e il principale dominio di applicazione è rappresentato dagli scenari veicolari di ogni dimensione.

È adatto per l'uso di *Jerk & Run* (radio salvavita in caso di abbandono del veicolo) e può essere utilizzato come radio assegnato a soldati sbarcati per connessioni a lungo raggio (TACSAT) o ruoli JTAC.

È una radio COMESC a due canali / multibanda che opera nelle frequenze VHF e UHF progettata per integrare forme d'onda sia a banda stretta che a banda larga. È in grado di supportare la suite di *Waveform* HF grazie a un modulo di missione HF.

La MR-CNR è concepita con scelte architettoniche e tecnologiche che consentono evoluzioni funzionali e capacitive "via *software*" per abilitare gli aggiornamenti funzionali con nuove forme d'onda, supportare i programmi "*Crypto Modernization*", gli aggiornamenti funzionali con nuove capacità EW (forme d'onda) e il Supporto alla Radio evoluzioni cognitive.

CEMA – *Cyber Electromagnetic Activities*



FIG. 70- CYBER ELECTROMAGNETIC ACTIVITY (CEMA)

Con il termine CEMA si intende l'utilizzo congiunto e sincronizzato delle operazioni nel dominio dello Spettro Elettromagnetico e in quello del *Cyberspace*.

Il tema del CEMA sta assumendo sempre più rilevanza nel contesto della Difesa, in quanto si assiste in tutti i domini - aereo, navale, terrestre, spazio – ad un'integrazione sempre più spinta di piattaforme e sistemi (C2, sensori, sistemi di comunicazione, sistemi d'arma, piattaforme) e una sempre maggiore pervasività delle tecnologie digitali.

I sistemi e le architetture impiegate dalle Forze Armate, e le loro caratteristiche multi-dominio e multi-ruolo, se da un lato garantiscono una superiorità in comando anche tramite una elevata integrazione e interoperabilità, dall'altra sono esposte a vulnerabilità sia per l'evoluzione sistemica verticale delle singole minacce che, per la loro evoluzione orizzontale (dovuta a processi di integrazione e correlazione), richiedendo di conseguenza ulteriore robustezza e affidabilità.

La flessibilità di poter usare o negare, degradare o costringere l'accesso sia all'ambiente elettromagnetico sia a parti dello spazio cibernetico offrirà un significativo vantaggio operativo.

I futuri sistemi di Comando e Controllo dovranno gestire capacità nello spazio delle CO (*Cyber Operation*) e di EW (*Electronic Warfare*) allo stesso tempo, all'interno di una sola metodologia di pianificazione, integrazione e sincronizzazione per permettere di:

- comprendere l'ambiente operativo;
- proiettare la forza;
- sincronizzare le operazioni multiple.

Per offrire un vantaggio operativo, si dovrà pertanto sincronizzare e coordinare le attività di guerra elettronica, gestione dello spettro, *signal*

intelligence e attività *cyber* con attività CEMA-*enabling* e altre attività operative non CEMA. Tutte le tematiche già ripetutamente richiamate di gestione di *Big Data* e *Data Learning* si riveleranno prevedibilmente utilissime in questo contesto.

6.2. RHEINMETALL ITALIA

Scenario futuro e nuovi requisiti

I nuovi scenari in cui le F.A. saranno chiamate a operare nel prossimo decennio rappresentano la sfida tecnologica attuale del mondo industriale e scientifico. La difficoltà maggiore nell'affrontare tali scenari risiede nella capacità delle F.A. di operare in ambienti complessi ed eterogenei, con rapidi cambiamenti ai quali le truppe dovranno prontamente far fronte. Tale rapidità evolutiva richiede un'elevata consapevolezza dell'ambiente circostante e una capacità di sorveglianza adeguata alle diverse minacce attese.

Alle difficoltà temporali si aggiungono quelle spaziali: campi di azione ristretti (ad es. un'area urbanizzata) e terreni difficili.

Le truppe saranno impegnate contemporaneamente su più fronti che, data la rapidità degli avvenimenti, non saranno numerabili e prevedibili in partenza. La capacità della truppa di adeguarsi a tale situazione rappresenterà un punto chiave per il successo della missione. Allo schieramento sarà pertanto chiesta la capacità di riorganizzarsi e di ridistribuire i ruoli tra le unità, compito non semplice se contestualizzato all'azione di difesa. A fronte di questa rapidità riorganizzativa

richiesta alle truppe, sarà indispensabile equipaggiare le Forze Armate con sistemi intelligenti e *UnManned* in grado di supportare la truppa e aumentare la sua capacità di difesa, a parità di unità.

Sebbene le singole azioni di difesa possano essere limitate temporalmente, la loro variabilità costringe le truppe a doversi rifornire rapidamente per essere pronte a una nuova eventuale successiva azione. Il loro rifornimento, se affidato a veicoli autonomi, consente di aumentare l'efficienza della truppa e ridurre il numero di unità impegnate in azioni diverse da quella di difesa.

Riassumendo, i nuovi requisiti che le F.A. sono chiamate a soddisfare sono:

- rapidità riorganizzativa e ridistributiva;
- azioni in terreni eterogenei (asfalto, terra, roccia, sabbia, acqua, ...);



FIG. 71 - VEICOLO UNMANNED DI RHEINMETALL CANADA "MISSION MASTER" EQUIPAGGIATO CON RADAR DI RHEINMETALL ITALIA AESA

- rifornimento autonomo ed efficiente;
- contrasto delle minacce attese.

Prototipo del Veicolo *Unmanned "Mission Master"*

Rheinmetall Italia, in collaborazione con Rheinmetall Canada, viste le sfide tecnologiche dettate dai requisiti sopra presentati, propone di equipaggiare le F.A. con un veicolo *unmanned multi-mission* chiamato "*MissionMaster*" capace di ospitare diversi *payloads* (tra cui effettori e sensori) che caratterizzano le diverse configurazioni.

In particolare, la proposta prevede l'equipaggiamento del "*MissionMaster*" con un sensore modulare *radar* AESA in grado di soddisfare i requisiti di sorveglianza, identificazione e classificazione delle minacce aeree.

Il *MissionMaster* è in grado di muoversi autonomamente grazie al sensore *Lidar* (2D e 3D) e alle camere a 360°.

Veicolo ed equipaggiamento

Il veicolo è composto da una "*base platform*" e da un "*upper body*". La "*base platform*" è comune a tutte le configurazioni, mentre l' "*upper body*" è rappresentativa della singola configurazione.

Le configurazioni previste sono:

- *MissionMaster* – C (Cargo): equipaggiato con compartimenti contenitivi;
- *MissionMaster* – S (*Ground Surveillance*): equipaggiato con CCD camera, *Laser Range Finder* e *MWIR detector*;
- *MissionMaster* - AR (*Armed and Reconnaissance*): equipaggiato con *Feldranger 7.62 mm* a controllo remoto, sensore EO/IR, *Laser Range Finder*;
- *MissionMaster* – P (*Protection*): equipaggiato con *rocket launcher*;
- *MissionMaster* – R (*Rescue*): equipaggiato con accessori medici per interventi su campo;
- *MissionMaster* – CR (*Communication relay*): equipaggiato con *link* satellitare e comunicazioni tattiche HF/VHF/UHF.

Alle quali si aggiunge la configurazione proposta: *MissionMaster* – A (*Air Surveillance*): equipaggiato con *radar* di ricerca e *tracking* "AESA".

Grazie alle sue dimensioni contenute il *MissionMaster* è in grado di poter operare in ambienti piccoli e complessi.

Sensore Radar RHEINMETALL ITALIA S.p.A. "AESA"

Il sensore *radar* AESA è un *radar* fisso a scansione elettronica progettato per la sorveglianza, l'identificazione e la classificazione delle tracce aeree per corto e cortissimo raggio. È in grado di rilevare *target* ad ala fissa, ad ala rotante, *fast target* e droni.

Il *pattern* d'antenna garantisce un'elevata accuratezza in *azimuth* ed elevazione e una capacità di generazione di fasci multipli contemporanei per aumentare la risoluzione in velocità *Doppler* offrendo quindi una capacità di inseguimento di *target* lenti e a bassa quota.

In ambiente ECM, il sensore *radar* mostra *performance* ECCM allo stato dell'arte e resiste al *jammer* sfruttando la capacità di *Adaptive Beamforming* digitale.

Il *radar* è facilmente installabile come *payload* sul palo telescopico del *MissionMaster* in modo da garantire le condizioni ottimali di funzionamento in qualsiasi ambiente operativo.



FIG. 72 - RADAR DI RHEINMETALL ITALIA S.P.A. "AESA"

Il *radar* opera 24/7 con una bassissima frequenza di guasti. Inoltre è provvisto di programmi di diagnostica in grado di isolare i guasti e offrire assistenza al manutentore, garantendo perciò un basso tempo di riparazione.

Mission e integrazione con altri sistemi

Parallelamente alle missioni svolte dalle altre configurazioni C/S/AR/P/R/CR/A, una rete di *MissionMaster* di RHCAN, configurati in architettura **MoMuRAN (Mobile Multistatic Radar Network)** offrono una sorveglianza aerea a 360° a bassa quota in particolare in ambienti urbani o particolarmente critici da un punto di vista interferenze e *multipath*, garantendo un'analisi dettagliata dello spazio circostante e offrendo alle truppe, in tempo reale, un valido supporto tattico.

Il veicolo è dotato di un VNS (*Vehicle Navigation System*) per operatività in movimento.

Grazie alla trazione 8x8 con ruote gommate, il *MissionMaster* può affrontare terreni dissestati, sabbiosi e fangosi allo scopo di posizionarsi autonomamente laddove il sensore *radar* potrà garantire la massima copertura grazie anche alla stabilizzazione elettronica implementata nel sensore stesso.

Il *radar* AESA è in grado anche di svolgere,

contemporaneamente alla sorveglianza, funzioni di trasmissione dati tramite *link* ad RF tra più piattaforme mobili e con un centro di comando e controllo.

Più unità *MissionMaster*, nella configurazione di nuova generazione prevista dall'architettura **MoMuRAN** da RHEINMETALL ITALIA S.p.A. presentata al PNRM 2020/21, potranno quindi essere **coordinate e comandate** da un centro di comando e controllo (*Rheinmetall "SkyMaster"*) posizionato in un luogo diverso dal territorio in cui si svolge l'azione di difesa. Tale centro C2 potrà raccogliere i dati dei vari sensori per creare una *Air Picture* accurata da distribuire, in tempo reale, alle varie unità in azione. Tale sistema è integrabile nel già presente *SkyNex*, con la possibilità di terminare l'azione di difesa mediante l'uso di effettori.

Sensore RADAR RHEINMETALL ITALIA S.p.A. "X-TAR3D"

Il centro di comando e controllo può altresì collegarsi con il sensore X-TAR3D.

L' X-TAR3D è un *radar phased array*, di *Rheinmetall ITALIA S.p.A.* scelto anche dalle Forze Armate Italiane sul PCMI del programma "Grifo" di FNEC, rotante in banda X progettato per la sorveglianza, l'identificazione "amico-nemico" e la classificazione delle tracce aeree per corto

e cortissimo raggio. È in grado di rilevare *target* ad ala fissa, ad ala rotante, *fast target* e droni.

Il *pattern* d'antenna del X-TAR3D garantisce anch'esso un'elevata accuratezza in angolo ed elevazione.

In ambiente ECM, il sensore *radar* mostra *performance* ECCM allo stato dell'arte e resiste al *jammer* sfruttando i bassi lobi d'antenna.



FIG. 73 - RADAR DI RHEINMETALL ITALIA S.p.A. "X-TAR3D"

Operando in funzionalità “Sense and warn”, il sensore *radar* è capace di individuare rapidamente traiettorie balistiche e di calcolarne il punto di lancio e di impatto.

Il *radar* X-TAR3D risiede in uno *shelter* facilmente trasportabile (ISO-1D frame) e all’interno dello *shelter* è presente un telaio mobile in grado di sollevare il *radar* in modo da garantire le condizioni ottimali di funzionamento in qualsiasi ambiente operativo, il modulo IFF ed eventualmente il modulo GPS.

Il radar opera 24/7 con una bassissima frequenza di guasti. Inoltre è provvisto di programmi di diagnostica in grado di isolare i guasti e offrire assistenza al manutentore, garantendo un tempo di riparazione minore di 30 minuti.

6.3. SIRA EMS Tactical Mobile NanoGrid

L’energia è stata un fattore critico durante molte delle principali battaglie e campagne della seconda guerra mondiale.

Da allora le F.A. sono ancora più dipendenti dalla risorsa energetica. I veicoli militari consumano quantità di carburante senza precedenti mentre la domanda media di carburante per soldato è aumentata da circa 3,5 litri al giorno (Seconda Guerra Mondiale) a 70 litri/giorno circa, la metà dei quali viene utilizzata per generare energia elettrica⁷².

La riduzione del consumo di energia tramite una maggiore efficienza energetica è di particolare importanza per le piattaforme militari: una riduzione dei consumi energetici si riflette in una diminuzione del “footprint logistico”.

Oltre alle esigenze specifiche derivanti dalle missioni all’estero anche in Italia esiste una forte dipendenza militare dalla rete elettrica,

potenziale oggetto di attacchi sia di tipo convenzionale sia di tipo *Cyber*.

- Nel medio e lungo termine la Difesa italiana mira al raggiungimento di elevate capacità di resilienza energetica, produzione e approvvigionamento da fonti sostenibili tali da assorbire e mitigare gli effetti dovuti a eventuali attacchi o a calamità, assicurando il mantenimento della capacità e della prontezza operativa dello strumento militare, sia in Patria sia nei teatri operativi⁷³. Gli obiettivi strategici fondamentali da raggiungere sono:
- riduzione del consumo di energia e maggiore efficienza energetica su piattaforme e strutture;
- maggiore utilizzo di energie rinnovabili;
- accesso garantito a sufficienti forniture energetiche;
- ridotti impatti negativi sull’ambiente;
- incremento della resilienza.
- energia per le infrastrutture Nazionali.

I sistemi infrastrutturali fissi comprendono installazioni “permanenti” e quindi con presunzione di una situazione della sicurezza stabile rispetto alle forze di proiezione.

La scala può variare da un ufficio remoto con una o poche persone, alle principali installazioni che supportano i Comandi, l’addestramento al combattimento, gli alloggiamenti e tutta la complessa struttura logistica.

Tali infrastrutture saranno in futuro “*Smart Military Districts*”.

Energia per impianti all’estero.

Nelle aree estere di possibile presenza delle F.A. le infrastrutture di teatro e le operazioni di sostegno comportano un importante sforzo in termini di materiale e personale.

L’autonomia nella operatività delle F.A. dalle reti elettriche locali, conseguenza anche della non

⁷² USA STRATEGY POWER AND ENERGY, White Paper, 2010.

⁷³ Piano per la Strategia Energetica della Difesa.

esistenza o della instabilità delle stesse, rende oggi necessario l'utilizzo di Gruppi Elettrogeni. Di conseguenza linee di supporto logistico che devono essere adeguatamente sicure, comportando tempi lunghi e alta rischiosità nello spostamento dei convogli per il trasporto di carburante e acqua.

Le singole unità funzionali, siano esse tende, *shelter*, moduli abitativi o strutture esistenti sul luogo, hanno tutte necessità di alimentazione elettrica che, per le esigenze degli equipaggiamenti elettronici, dovrà assicurare:

- stabilità in tensione e frequenza;
- possibilità di operare con differenti standard di tensione e frequenza;
- possibilità di operare in CC (Corrente Continua);
- continuità assoluta;
- basso costo e ridotte necessità di supporto logistico per rifornimenti e manutenzione;
- elevata resilienza;
- elevata autonomia;
- altissima affidabilità;
- ridotta segnatura all'infrarosso;
- capacità di operazioni "silent running".

Le soluzioni utilizzabili sono diverse rispetto a quelle impiegate per le infrastrutture nazionali⁷⁴.

Problematiche analoghe sono riscontrabili in tutte le strutture che devono supportare operazioni in paesi in via di sviluppo (Ambasciate, consolati, strutture ONU) e anche nelle operazioni di protezione civile laddove le vie di comunicazioni per il trasporto di carburante divengono inagibili.

Sira Tactical Nanogrid

Sira ha progettato e brevettato una soluzione che risponde a tali requisiti, inizialmente indirizzata al mercato civile per l'alimentazione elettrica di infrastrutture critiche in paesi in via di sviluppo (in particolare sistemi di TLC).

Tale soluzione è stata testata anche in Italia, durante varie esercitazioni di NRDC ITA (NATO

Rapid Deployment Corps Italy), dal Battaglione Spluga del 1° Reggimento Trasmissioni, per l'alimentazione di tende comando, shelter TLC e sistema terrestre SICRAL con risultati di assoluto rilievo.

Attualmente è disponibile una versione per impiego tattico, basata su due *rack* da esterno (IP55) di peso inferiore ai 100 KG ognuno, facilmente trasportabili senza attrezzature da 4 soldati e operativa in pochi minuti. Il sistema opera in connessione con tutte le forme di energia disponibili quali: rete elettrica instabile, gruppo elettrogeno, pannelli solari e turbine eoliche, in funzione di quanto è disponibile sul luogo.

Nell'ipotesi di assenza di tutte le altre sorgenti e quindi nel funzionamento con il solo gruppo elettrogeno come unica sorgente di energia, riduce le ore di funzionamento dello stesso del 50% e oltre.

Il sistema tattico, attualmente disponibile nella versione da 5 KW, può essere testato in uno dei poligoni indicati ed esteso ad altre potenze e autonomia di impiego.

L'intera gestione è automatizzata con possibilità di monitoraggio e controllo remoto da un Centro di Comando e Controllo (NOC).

Piattaforme Terrestri e Aeree

I sistemi senza pilota stanno proliferando su e sopra il campo di battaglia, consentendo nuovi approcci alle operazioni e alla logistica, ma presentando nuove sfide.

Soldati, droni & robot

I soldati sono la componente più importante della capacità operativa.

Nell'ambiente di proiezione, una grande sfida è alimentare l'equipaggiamento di un Soldato appiedato in una missione estesa, con il minor peso possibile.

⁷⁴ Cyber Security, Resilienza ed Efficienza delle Microgrid per basi operative avanzate - CYREM" – Piano Nazionale della Ricerca Militare – PNRM a2017.06.

I soldati di oggi trasportano un numero eccessivamente elevato di batterie per alimentare l'equipaggiamento individuale durante una missione. Le batterie inserite nel *payload* del soldato rappresentano circa il 15/20% del peso complessivo. Il peso aggiunto e il volume diminuiscono le prestazioni del soldato.

Possibili aree di ulteriore ricerca

Sistemi infrastrutturali

- smart Grid;
- microgrid;
- sistemi di accumulo energetico;
- sistemi di efficientamento statico (NZE) applicati nelle F.A., impiego di co-trigenerazione.

FOB

- microgrid;
- sistemi avanzati di accumulo energetico;
- sistemi di ottimizzazione energetica statici:
 - isolamenti termici di tende e B-Huts; rivestimenti e vernici con proprietà di coibentazione termica;
 - rivestimenti e vernici con proprietà nano-fotovoltaiche;
 - co-trigenerazione;
 - nuovi concetti relativi a *Shelter* ad alta efficienza energetica e alimentazione in CC;
- sistemi di ottimizzazione dinamici;
- sistemi per la conversione dei rifiuti in energia (Waste to Energy);
- sistemi campali di osmosi inversa e micro imbottigliamento per acqua;
- multi energy solutions: integrazione di reti elettriche instabili;
- microturbine per generazione elettrica e termica e uso in ambienti militari.

Singole unità funzionali: tende e shelter

Progettazione di unità funzionali a bassa impronta energetica con equipaggiamenti alimentati dualmente in C.C. e/o C.A. e che costituiscano *Nanogrid* isolate, con tutte le caratteristiche elencate in precedenza.

Sistemi di accumulo di energia abilitati al trasporto aereo e ad alta densità di energia.

- Batterie a base di Litio con graduale introduzione di fluoruri e fluorocarburi di litio, polimeri di litio, etc. al fine di ridurre il rischio incendio;
- batterie al litio con elettrolita solido;
- batterie al Li Silicio;
- stazioni di ricarica wired/wireless integrate su veicoli tattici;
- smart batteries integrate nelle protezioni balistiche individuali.

6.4. Istituto Italiano di Tecnologia (a cura Guglielmo LANZANI)

Proprietà ottiche

Sono allo studio cristalli fotonici di varia composizione. Si tratta di dispositivi fabbricati con tecniche semplici tipo *spin coating* da soluzione, che danno luogo a colori strutturali. In linea di principio, potrebbero servire per mimetizzazione (*camouflage*) ed essere dinamici, cioè adattabili. Una parte di questa ricerca è fatta nell'ambito di un progetto internazionale sponsorizzato dal Ministero della Difesa canadese. *Smart window*, schermi adattabili, superfici antiriflettenti sono altre applicazioni di questi sistemi (multistrati) che possono contribuire alla climatizzazione o alla dissipazione di temperatura (*super cool surfaces*), o essere attivi tipo elettrocromici per la protezione da *flash* luminosi. Questi sistemi possono essere utilizzati anche per fare sensori per esempio per virus e batteri, in linea di principio colorimetrici.

Ceramici amorfi trasparenti per finestre ottiche di puntamento e rivestimenti per metalli e polimeri (spettro ad alta resistenza termo-meccanica)

Materiali ceramici trasparenti ad alte prestazioni meccaniche e ottiche sono utilizzati, in ambito militare, in diverse applicazioni chiave: visori notturni IR; sistemi di guida IR a ricerca di calore o ad ampia banda UV-vis-IR per missili; *laser* a stato solido di alta potenza; sezioni trasparenti

di corazze di veicoli blindati; vetri antiproiettili. I principali produttori mondiali di questi materiali sono americani. I processi attualmente disponibili si fondano sull'uso di nanopolveri altamente selezionate e metodi di *sintering* ad alta temperatura (>2000 °C) e pressione per evitare la formazione di grani e difetti con dimensioni nell'ordine dei 100 nm in modo da evitare la diffusione delle lunghezze d'onda di interesse. Questi processi sono proprietari e fanno sì che il costo di questi componenti sia molto elevato.

CNST@PoliMi ha sviluppato un processo per la produzione di rivestimenti e materiali amorfi ad alte prestazioni meccaniche, caratterizzati da un'estrema duttilità (fino al 7% di deformazione plastica per allumina amorfa). Il processo è in fase avanzata per quanto riguarda i rivestimenti ed è nelle prime fasi di sviluppo per i materiali *bulk*.

Nanomateriali per reazioni energetiche come esplosivi, combustibili solidi per missili e produzione locale di idrogeno

Nanoparticelle di materiali reattivi come Mg, Al, sono utilizzate in diverse applicazioni militari come esplosivi, additivi per combustibili solidi per missili. Attualmente, il nano Al è prodotto solo da ditte americane o russe. Presso CNST@PoliMi abbiamo sviluppato un processo per la produzione di nano Si e nano Al delle dimensioni di 4-10 nm, stabile in aria, ma estremamente reattivo quando ignito in aria o in presenza di un ossidante. In presenza di acqua possono essere liberate grandi quantità di idrogeno ad alta pressione.

Batterie agli ioni di litio con anodo in silicio

Con una densità di energia teorica fino a 10 volte quella della grafite (3600 mAh vs 360 mAh), il silicio può ridurre significativamente il peso (fino al 40%) delle batterie agli ioni di Li senza cambiare drasticamente l'attuale tecnologia. Presso CNST@PoliMi stiamo lavorando ad anodi in nanoSi in grado di effettuare fino a mille cicli senza perdere significativamente in *performances* (1000 mAh/gSi). Ulteriori studi

sono in corso per aumentare e ottimizzare le *performances* di questi anodi, mantenendo l'elevata stabilità.

High power redox flow batteries

Per immagazzinare energia in applicazioni stazionarie sulle scale temporali superiori alle 4 ore, le batterie *redox* a flusso sono un'alternativa alle batterie agli ioni di Li perché permettono di disaccoppiare energia e potenza, ottimizzandole singolarmente. Questo è possibile perché l'energia è immagazzinata in un elettrolita contenente specie *redox* attive (tipicamente V, Zn, Fe, Cr), mentre la potenza viene da un sistema simile alle celle a combustibile dotato di elettrodi ed una membrana a scambio protonico. Dato che il maggior contributo al peso del sistema viene dall'acqua usata come solvente, è immaginabile un sistema anche di grandi dimensioni, (nell'ordine dei MWh) trasportabile "a secco" e dispiegabile in campo per alimentare una base remota in associazione a pannelli solari.

Presso CNST@PoliMi abbiamo sviluppato (brevetto presentato) una nuova tipologia di elettrodi nanostrutturati in grado di aumentare fino a 0,330 mW/cm² la densità di potenza di una batteria *redox* a flusso di vanadio. L'obiettivo è arrivare a una densità di potenza di 1 W/cm², comparabile alle celle a combustibile.

7. CONCLUSIONI

Il futuro quadro strategico di riferimento, come si evince dalle analisi e studi fino a ora effettuati, sarà caratterizzato da **crescente complessità e incertezza** legate al riproporsi del confronto e della **competizione tra attori statuali**, al



FIG. 74 - LE PROSPETTIVE STRATEGICHE DELLA NATO PER UNA MODERNA FORZA MILITARE

perdurare delle minacce poste in essere da **attori non statuali** e alle sfide determinate dai **trend economici, socio-politici, demografici, ambientali e tecnologici**. La combinazione di tali fattori viene posta alla base dei cambiamenti dell'ambiente operativo, permettendo di prospettare le peculiarità dei futuri conflitti, contraddistinti da **spazi di manovra congestionati, affollati e connessi**, in cui la presenza di attori civili imporrà vincoli sempre più stringenti all'uso della forza e difficoltà nell'individuazione e nella discriminazione degli obiettivi. La diffusione di armi sempre più potenti e precise e il proliferare degli attacchi nel dominio cibernetico implicherà l'adozione di adeguate contromisure.

Contrastare la crescente indeterminata della minaccia, dunque, determina una riflessione sulle soluzioni capacitive da perseguire nell'arco del prossimo quindicennio, per poter disporre in futuro di uno **Strumento Terrestre sempre più efficace, versatile, adattabile e tecnologicamente all'avanguardia**, in grado di operare in tutto lo spettro dei conflitti per l'assolvimento delle missioni assegnate sia sul territorio nazionale sia in contesti multinazionali

e interagenzia.

Per mantenere i livelli quantitativi e qualitativi di **output** operativo richiesti, la Forza Armata dovrà necessariamente **operare lungo molteplici linee d'azione**, agendo sia sulla componente umana sia su quella strutturale (tra cui innovazione/ammodernamento), entrambe estremamente interconnesse.

Il processo di innovazione della componente militare, tenendo ben presente il contesto operativo di riferimento, sarà sviluppato in un quadro di scarsità di risorse, che richiederà di **individuare soluzioni innovative per capitalizzare al massimo quanto disponibile**.

Diviene dunque fondamentale dotarsi di un sistema agile e snello che, attraverso un solido e costante rapporto di collaborazione, permetta a Esercito, Industria e Ricerca di giungere insieme a un **rapido ed efficace** sviluppo e sfruttamento delle nuove tecnologie abilitanti, come ad esempio nel settore della robotica e dell'autonomia, a **vantaggio sia del mondo militare sia di quello civile**.

Quando si parla di applicazione di tecnologie fortemente abilitanti, come ad esempio l'Intelligenza Artificiale e l'autonomia a supporto della robotica, gli sciame e la possibilità di collegamento a reti neurali, l'autonomia energetica integrabile con il supporto dei nanomateriali, non ci si riferisce a un futuro lontano: al contrario si tratta di tecnologie in gran parte già disponibili, come d'altronde si evince dal panorama industriale e della ricerca delineato nel *White Paper*. Ora sarà necessario individuare come e dove si collocano queste tecnologie, attraverso la collaborazione tra tutti gli attori del sistema paese, e comprendere insieme come possono essere adattate/integrate ai sistemi esistenti, a vantaggio di tutti e per l'intero Sistema Paese.

L'approccio complessivo dovrà avere una connotazione **spiccatamente pratica** e mirerà

a condurre **attività di sperimentazione** a complessità incrementale che vedano sul campo tutti gli attori di natura militare allo scopo di comprendere come e se determinate capacità possono migliorare le performance dello strumento terrestre.

Praticità, rapidità, interazioni costanti, condivisione delle conoscenze, team work, sono dunque gli elementi fondamentali che devono ispirarci oggi per affrontare insieme e sempre meglio le sfide delineate nello studio del *Future Operating Environment post 2035*: come già evidenziato più volte il 2035 è alle porte e non si può correre il rischio di arrivare impreparati.

L'Esercito vuole farsi trovare pronto per affrontare tali sfide e mettere in pratica quanto fino ad ora evidenziato: **la Campagna di Sperimentazione sui Sistemi Robotici e Autonomi (RAS)** disegnata nel corso del 2019 e attualmente in corso ne è un chiaro esempio. Con questa iniziativa la Forza Armata sta dando prova di voler cambiare e di voler ricercare un modello di operare sempre più agile basato prioritariamente su una fitta rete di interlocutori con competenza nel settore dell'Intelligenza Artificiale e della robotica, nazionale e internazionale.

Sarà compito del comparto Difesa e Sicurezza, ed in particolare compito dell'Esercito, generare il prima possibile spunti sui quali poter lavorare insieme alle eccellenze dell'Industria e della

Ricerca e mirare sin da domani a soddisfare le seguenti necessità militari:

- operare autonomamente nello **scenario futuro delle megacities** caratterizzate da una forte presenza umana e di civili non combattenti;
- assicurare la ridondanza degli assetti;
- fare ricorso all'AI e alla Robotica risolvendo i problemi di enveloping legati alla trasformazione dell'ambiente circostante;
- garantire la superiorità nel settore cibernetico e delle comunicazioni;
- mantenere una costante superiorità con gli avversari garantendo resilienza alle strutture critiche e vitali dello scenario ove si verrà chiamati ad operare.

L'approccio della campagna di sperimentazione potrà consentire di ragionare su **soluzioni prototipiche integrabili** che avranno un duplice scopo di:

- verificare la coerenza e l'adattabilità delle procedure operative della Forza Armata delle esigenze dettate dal quadro costituzionale di riferimento;
- rafforzare e fornire elementi di risk reduction per lo sviluppo di potenziali prototipi, all'industria della Difesa, con la consapevolezza di aver garantito utili riscontri a quei progetti di alto contenuto scientifico già oggi integrabili nel mondo della Difesa e Sicurezza.

È chiaro che quanto evidenziato fino ad ora sono solo degli esempi di eccellenze: ci sono molti settori e tecnologie su cui dobbiamo ragionare allo scopo di arrivare davvero preparati alle sfide future. In particolare:

- **esoscheletri ibridi per l'applicazione e il supporto alle attività di rifornimento** (cercando di risolvere il paradigma che gli anglosassoni chiamano *last mile* e garantire piena aderenza al dispositivo



FIG. 75 - CAMPAGNA DI SPERIMENTAZIONE RAS

- militare);
- capacità di **integrazione dell'Intelligenza Artificiale nelle piattaforme ruotate e cingolate** per il supporto al concetto chiamato *dispersed forces* e vedere come gli algoritmi dei *software* possano supportare il nostro sistema di Comando e Controllo, con particolare riferimento alla possibilità di effettuare il cosiddetto *target handover*;
- progettazione di **antenne al plasma e costellazioni di nanosatelliti** a supporto delle capacità ISR (proseguire quanto ad oggi è stato già fatto).

Tutto ciò sarà anche reso possibile da una attenta e coerente cabina di regia che sarà verosimilmente assicurata dall'azione sapiente dell'Area Tecnico Amministrativa della Difesa. A tal proposito l'Esercito è pronto sin da subito a fornire il pieno suo supporto.

Il quadro evidenziato ha inoltre creato i presupposti necessari per agire in maniera "innovativa" anche sul **Piano Nazionale di Ricerca Militare (PNRM)** attraverso una strategia volta a consentire il potenziamento dell'attività di trasferimento tecnologico tra il settore industriale, centri tecnologici e di ricerca e le esigenze future della F.A.. Inoltre, ciò consentirà di migliorare l'attuale *trend* qualitativo espresso nei PNRM i cui progetti, da un'analisi effettuata limitatamente al quadriennio 2013-2017, risultano, anche se quantitativamente elevati, ancora caratterizzati da una elevata eterogeneità che non facilita il diretto trasferimento in brevetti/ricerche connessi allo sviluppo capacitivo di futuri requisiti. In Particolare, la strategia messa in atto dalla Forza Armata si propone di raggiungere tale obiettivo, attraverso:

- l'individuazione degli "*ends*" (pubblicazione del *Future Operating Environment post 2035* e del Concetto Operativo Esercito);
- la definizione dei "*ways*" ampliando la rete di network discendenti dalla conferenza del 05 dicembre 2019 e del lancio della sperimentazione prototipica sui sistemi Robotici ed Autonomi (RAS);
- la focalizzazione sui principali cluster di ricerca (*means*): *Visual Computing* e

Intensive Data Analysis (CRS4- Politecnico Milano), algoritmi di *Artificial Intelligence*, *deep learning* e *machine learning* a supporto di motori di navigazione UxV per sottosuolo e superficie (Università Tor Vergata–FondazioneINTUIT), modellazione matematica di sistemi terrestri ad alta complessità (Politecnico di Pavia e spin off collegati), sistemi di navigazione inerziali e motori di controllo (CRS4 – IRIM3D – Università di Bari – *Rheinmetall* Italia), sciami di droni e architetture di controllo autonome (CNR – Leonardo), motori a trazione ibrida (Polemos – T4I Padova – Politecnico Milano), esoscheletri a supporto del soldato in situazioni di combattimento/emergenziali (Polemos – T4I Padova – Università Sant'Anna di Pisa);

- la volontà a procedere nella scrittura congiunta dei nuovi PNRM 2021 (*means*).

In conclusione, il presente *White Paper* getta le fondamenta per poter proseguire e rafforzare un sano e duraturo rapporto di collaborazione durante il quale tutte le eccezionali capacità nazionali dovranno essere messe a sistema, con la volontà di accettare oggi anche dei rischi legati alle incertezze dei quadri economici e di investimento, per individuare insieme la strada più giusta verso l'innovazione e il progresso del Sistema Paese.

L'ambizione è quella di generare un **modello profondamente innovativo per fare trovare pronto l'Esercito alle sfide di domani.**

Vogliamo e dobbiamo andare **avanti sempre, di più, insieme.**

BIBLIOGRAFIA

1. Bower, Joseph L., Christensen, Clayton M. (1995) *Disruptive Technologies: Catching the Wave*, "Harvard Business Review", 73(1):43-53.
2. Dyson, Tom (2019), *Organisational Learning and the Modern Army. A New Model for Lessons-Learned Processes*, Londra, Routledge.
3. Locatelli, Andrea (2019) Il programma di modernizzazione della Difesa in Italia: "Sono possibili approcci alternativi?", Ricerca CeMISS AO-SME-03.
4. Locatelli, Andrea (2010) *Tecnologia militare e guerra. Gli Stati Uniti dopo la rivoluzione negli affari militari*, Milano, Vita e Pensiero.
5. Jinping, X. (2013). *Promote Friendship Between Our People and Work Together to Build a Bright Future*. Retrieved 26/06/2018, http://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/wjdt_665385/zyjh_665391/t1078088.shtml.
6. Jinping, X. (2013). *Speech to Indonesian Parliament*. Retrieved 26/06/2018, http://www.asean-china-center.org/english/2013-10/03/c_133062675.htm.
7. Rolland, N. (2017). *China's Eurasian Century? Political and Strategic Implications of the Belt and Road Initiative*. *The National Bureau of Asian Research*.
8. Droit, R.-P. (2005). *Towards Knowledge Societies*. UNESCO.
9. EEAS. *A Global Strategy for the European Union's Foreign and Security Policy*. https://eeas.europa.eu/topics/eu-global-strategy/17304/global-strategy-european-unions-foreign-and-security-policy_en.
10. *High Representative Foreign Affairs and Security Policy*. (2016). *Implementation Plan on Security and Defence*.
11. (2017). COUNCIL DECISION (CFSP) 2017/2035 of 11 December 2017 – *Establishing permanent structured cooperation (PESCO) and determining the list of participating Member States*. *Official Journal of the European Union*, L 331/57.
12. PESCO Official site. <https://pesco.europa.eu>.
13. European Commission. (2016). *European Defence Action Plan*.
14. European Commission. (2017). *Launching the European Defence fund*.
15. (Ed.). (2019). *Future Operating Environment post 2035 – Implicazioni per lo strumento militare terrestre*. STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO.
16. MINISTERO DELLA DIFESA. (2015). *Libro Bianco per la sicurezza internazionale e la difesa*.
17. Commissione Europea. (2013). *Regolamento UE N. 1303/2013 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 Dicembre 2013*. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*, L 347.

18. Foray, D., David, P. A., & Hall, B. H. (2011). *Smart Specialisation – From academic idea to political instrument, the surprising career of a concept and the difficulties involved in its implementation*. MTEI Working Paper.
19. Foray, D. *Smart Specialisation and the New Industrial Policy Agenda. Policy Brief N. 8. European Commission*.
20. Foray, D., Morgan, K., & Radošević, S. *The role of Smart Specialisation in the EU Research and Innovation Policy Landscape. European Commission*.
21. AAVV. (2018). *Rapporto 2018 – Civile e militare. Tecnologie duali per l'innovazione e la competitività* (Italiadecide ed.). Il Mulino.
22. de Fontenay, C., & Carmel, E. (2004). *Israeli's Silicon Wadi – The Forces behind Cluster Formation*. In Bresnan, T. & A. Gambardella (Eds.), *Building High-Tech Clusters*. Cambridge University Press.
23. American Health Information Management Association. (n.d.). *Defining the Personal Health Record*. Retrieved 05 28, 2018, from <http://library.ahima.org/doc?oid=59377>
24. Bekker, J., & Davis, J. (2020). *Learning from positive and unlabeled data: a survey*. *Machine Learning*, 109.4 , 719-760.
25. Bengio, Y., LeCun, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep Learning*. *Nature*, 521, 436-44.
26. Bengio, Y., Yao, L., Alain, G., & Vincent, P. (2013). *Generalized denoising autoencoders as generative models*. *27th Annual Conference on Neural Information Processing Systems, Advances in Neural Information Processing Systems 26*.
27. Cronig, C. (2006). *Personal Health Records: An Overview of What Is Available To The Public* . AARP Public Policy Institute.
28. Deng, L., & Yu, D. (2014). *Deep Learning: Methods and Applications*. *Foundations and Trends in Signal Processing*, 7 (3–4), 1–199.
29. Detmer, D., Bloomrosen, M., Raymond, B., & Tang, P. (2008). *Integrated Personal Health Records: Transformative Tools for Consumer-Centric Care*. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 45(8).
30. Dong, X., Yu, Z., Cao, W., Shi, Y., & Ma, Q. (2020). *A survey on ensemble learning*. *Frontiers of Computer Science*, 1-18.
31. Entzeridou, E., Markopoulou, E., & Mollaki, V. (2018). *Public and physician's expectations and ethical concerns about electronic health record: Benefits outweigh risks except for information security*. *International Journal of Medical Informatics*, 110.
32. Ford, E., Hesse, B., & Huerta, T. (2016). *Personal Health Record Use in the United States: Forecasting Future Adoption Levels*. *Journal of Medical Internet Research*, 3(8).
33. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

34. Gualandi, I., Marzocchi, M., Achilli, A., & al., e. (2016). *Textile Organic Electrochemical Transistors as a Platform for Wearable Biosensors*. *Sci Rep*, 6, 33637.
35. III Reparto Pianificazione Generale, (2019). *Future Operating Environment post 2035 – Implicazioni per lo strumento militare terrestre*. STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO.
36. ISO/TR_14292:2012. (n.d.). *Health informatics – Personal health records – Definition, scope and context*. Retrieved 05 28, 2018, from <https://www.iso.org/standard/54568.html>.
37. Kaelberg, D., Jha, A., Johnston, D., Middleton, B., & Bates, D. (2008). *A research agenda for personal health records (PHRs)*. *Journal of the American Informatics Association*(08 28), 729-736.
38. Lanatà, A., Scilingo, P., & Tognetti, A. (2011). *Sensors for wearable systems*. In D. D. A. Bonfiglio, *Wearable Monitoring Systems*. Springer.
39. Markle Foundation. (2003). *Americans want benefits of personal health record*. Markle Foundation.
40. Markle Foundation. (2008). *Americans Overwhelmingly Believe Electronic Personal Health Records Could Improve Their Health*. Markle Foundation.
41. Mattana, G. e. (2011). *Organic electronics on natural cotton fibres*. *Org. Electron.*, 12, 2033–2039 .
42. McAdams, E. e. (2011). *Wearable Electronic Systems: Applications to Medical Diagnostics/Monitoring*. In D. D. A. Bonfiglio, *Wearable Monitoring Systems* (pp. 179-203). Springer.
43. Ministero_Pubblica_Ammministrazione. (2016). Retrieved 05 28, 2018, from FOIA.Funzione Pubblica: <http://www.funzionepubblica.gov.it/foia-7>
44. National Cancer Institute . (n.d.). *NCI Dictionary of Cancer Terms - personal health record* . Retrieved 05 28, 2018, from <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/personal-health-record>
45. Pacelli, M., Loriga, G., & Paradiso, R. (2007). *Flat Knitted Sensors for Respiration Monitoring*. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, (pp. 2838-2841).
46. Pani, D., Achilli, A., & Bonfiglio, A. (2018). *Survey on textile electrode technologies for ECG monitoring, from metal wires to polymers*. *Adv. Mater. Technol.*, 1-14.
47. Pani, D., Achilli, A., Spanu, A., Bonfiglio, A., Gazzoni, M., & Botter, A. (2019). *Validation of Polymer-Based Screen-Printed Textile Electrodes for Surface EMG Detection*. *EEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 27(7), 1370-1377.
48. Saenz-Cogolio, J., Pau, M., Fraboni, B., & Bonfiglio, A. (2016). *Pressure Mapping Mat for Tele-Home Care Applications*. *Sensors Journal*.
49. Schmidhuber, J. (2015). *Deep Learning in Neural Networks: An Overview*. *Neural Networks*, 61, 85-117.

- 
50. Sen, P., Hajra, M., & Ghosh, M. (2020). *Supervised classification algorithms in machine learning: A survey and review*. In *Emerging Technology in Modelling and Graphics* (pp. 99-111).
 51. Tang, P., Ash, J., Bates, J., Overhage, J., & Sands, D. (2005). *Personal health records: definitions, benefits and strategies for overcoming barriers to adoption*. *Journal of the American Informatics Association*(12 15), 121-126.
 52. Tessarolo, M. e. (2018). Flex. Print. Electron. 3.
 53. US Government. (n.d.). *Freedom of Information Act*. Retrieved 05 28, 2018, from FOIA.gov: <https://www.foia.gov/>
 54. US Institute of Medicine. (2011). *Clinical Data as Public Discovery. Patients charting the course*. National Academic Press (US).
 55. Vincent, P., Larochelle, H., Bengio, Y., & Manzagol, P.-A. (2008). *Extracting and composing robust features with denoising autoencoders*.
 56. Wilson, G., & Cook, D. (2020). A survey of unsupervised deep domain adaptation. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 11(5), 1-46.
 57. Zhao, J., Kim, Y., Zhang, K., Rush, A., & LeCun, Y. (2018). *Adversarially regularized autoencoders*. *International Conference on Machine Learning* , (pp. 5902-5911).
 58. Centro Studi Confindustria, "Come si muove il manifatturiero italiano nelle catene globali del valore, Scenari industriali n. 8, cap. 3, pp. 71-88.

