



CENTRO ALTI STUDI
PER LA DIFESA



ISTITUTO DI RICERCA E
ANALISI DELLA DIFESA

**Istituto Superiore di Stato Maggiore Interforze
25° Corso - 1^a Sezione - 1° Gruppo di Lavoro**

**“Wargaming e Intelligenza Artificiale -
situazione, livello tecnologico internazionale e
nazionale, prospettive di sviluppo per la Difesa”**

(AS-SMD-06)





ISTITUTO DI RICERCA E ANALISI DELLA DIFESA

L'Istituto di Ricerca e Analisi della Difesa (di seguito IRAD), per le esigenze del Ministero della Difesa, è responsabile di svolgere e coordinare attività di ricerca, alta formazione e analisi a carattere strategico sui fenomeni di natura politica, economica, sociale, culturale, militare e sull'effetto dell'introduzione di nuove tecnologie che determinano apprezzabili cambiamenti dello scenario di difesa e sicurezza, contribuendo allo sviluppo della cultura e della conoscenza a favore della collettività e dell'interesse nazionale.

L'IRAD, su indicazioni del Ministro della difesa, svolge attività di ricerca in accordo con la disciplina di Valutazione della Qualità della Ricerca e sulla base della Programma nazionale per la ricerca, sviluppandone le tematiche in coordinamento con la Direzione di Alta Formazione e Ricerca del CASD.

L'Istituto provvede all'attivazione e al supporto di dottorati di ricerca e contribuisce alle attività di Alta Formazione del CASD nelle materie d'interesse relative alle aree: Sviluppo Organizzativo; Strategia globale e sicurezza/Scienze Strategiche; Innovazione, dimensione digitale, tecnologie e cyber security; Giuridica.

L'Istituto opera in coordinamento con altri organismi della Difesa e in consorzio con Università, imprese e industria del settore difesa e sicurezza; inoltre, agisce in sinergia con le realtà pubbliche e private, in Italia e all'estero, che operano nel campo della ricerca scientifica, dell'analisi e dello studio.

L'Istituto, avvalendosi del supporto consultivo del Comitato scientifico, è responsabile della programmazione, consulenza e supervisione scientifica delle attività accademiche, di ricerca e pubblicistiche.

L'IRAD si avvale altresì per le attività d'istituto di personale qualificato "ricercatore della Difesa, oltre a ricercatori a contratto e assistenti di ricerca, dottorandi e ricercatori post-dottorato.

L'IRAD, situato presso Palazzo Salviati a Roma, è posto alle dipendenze del Presidente del CASD ed è retto da un Ufficiale Generale di Brigata o grado equivalente che svolge il ruolo di Direttore.

Il Ministro della Difesa, sentiti il Capo di Stato Maggiore della Difesa, d'intesa con il Segretario Generale della Difesa/Direttore Nazionale degli Armamenti, per gli argomenti di rispettivo interesse, emana le direttive in merito alle attività di ricerca strategica, stabilendo le linee guida per l'attività di analisi e di collaborazione con le istituzioni omologhe e definendo i temi di studio da assegnare all'IRAD.

I ricercatori sono lasciati liberi di esprimere il proprio pensiero sugli argomenti trattati: il contenuto degli studi pubblicati riflette quindi esclusivamente il pensiero dei singoli autori e non quello del Ministero della Difesa né delle eventuali Istituzioni militari e/o civili alle quali i Ricercatori stessi appartengono.



**CENTRO ALTI STUDI
PER LA DIFESA**



**ISTITUTO DI RICERCA E
ANALISI DELLA DIFESA**

**Istituto Superiore di Stato Maggiore Interforze
25° Corso - 1^a Sezione - 1° Gruppo di Lavoro**

**“Wargaming e Intelligenza Artificiale -
situazione, livello tecnologico internazionale e
nazionale, prospettive di sviluppo per la Difesa”**



(AS-SMD-06)

“Wargaming e Intelligenza Artificiale - situazione, livello tecnologico internazionale e nazionale, prospettive di sviluppo per la Difesa”



NOTA DI SALVAGUARDIA

Quanto contenuto in questo volume riflette esclusivamente il pensiero dell'autore, e non quello del Ministero della Difesa né delle eventuali Istituzioni militari e/o civili alle quali l'autore stesso appartiene.

NOTE

Le analisi sono sviluppate utilizzando informazioni disponibili su fonti aperte.

Questo volume è stato curato dall'**Ufficio Studi, Analisi e Innovazione dell'IRAD.**

Direttore

Col. c. (li) s. SM Gualtiero Iacono

Capo dell'Ufficio Studi, Analisi e Innovazione

Col. AArnn Pil. Loris Tabacchi

Progetto grafico

1° Mar. Massimo Lanfranco – C° 2ª cl. Gianluca Bisanti – Serg. Manuel Santaniello

Revisione e coordinamento

**C.V. Massimo GARDINI – S.Ten. Elena Picchi – Funz. Amm. Aurora Buttinelli –
Ass. Amm. Anna Rita Marra**

Autore

ISSMI – 25° Corso 1ª Sezione 1° Gruppo di Lavoro

Stampato dalla Tipografia del Centro Alti Studi per la Difesa

Istituto di Ricerca e Analisi della Difesa

Ufficio Studi, Analisi e Innovazione

Palazzo Salviati

Piazza della Rovere, 83 - 00165 – Roma

tel. 06 4691 3205

e-mail: irad.usai.capo@casd.difesa.it

chiusa a luglio 2023

ISBN 979-12-5515-044-2

CENTRO ALTI STUDI PER LA DIFESA

ISTITUTO SUPERIORE DI STATO MAGGIORE INTERFORZE

25° CORSO SUPERIORE DI STATO MAGGIORE INTERFORZE

1^a Sezione - 1° Gruppo di Lavoro

***Wargaming* e Intelligenza
Artificiale – situazione, livello
tecnologico internazionale e
nazionale, prospettive di sviluppo
per la Difesa.**

Anno Accademico 2022 - 2023

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO

Magg. (AM)	MONTUORI Vincenzo	<i>Presidente</i>
Magg. (EI)	IORILLO Pasquale	<i>Segretario</i>
Ten. Col. (AM)	MADDALENA Federica	
C.C. (MM)	AMATO Atelio	
Magg. (EI)	ARCUDI Antonio	
C.F. (MM - ARG)	BUFFARD Silvio	
C.C. (MM)	DELL'AQUILA Pasquale	
Magg. (AM)	DE MICCO Marco	
Magg. (EI - PAK)	IQBAL Aquif	
Magg. (EI)	MACERA Angelo	
Magg. (EI)	PAGLIARA Franco	
Magg. (EI)	RONSINI Giulio	

INDICE

ABSTRACT	9
INTRODUZIONE	10
CAPITOLO 1 - IL WARGAME	12
1. Storia di un approccio alla guerra	12
a) <i>Origini</i>	13
b) <i>Tipologie</i>	14
2. Struttura e caratteristiche	18
3. Funzionamento	19
CAPITOLO 2 - L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE	22
1. Peculiarità	22
a) <i>Automazione e Autonomia</i>	24
b) <i>Livelli di Automazione</i>	25
c) <i>L'apprendimento</i>	26
2. Tipologie	28
3. Applicazioni	29
a) <i>Aree di applicazione</i>	30
b) <i>Applicazione in ambito militare</i>	32
c) <i>Accountability quale elemento di criticità</i>	34
CAPITOLO 3 - IA E WARGAMING: UN CONNUBIO RIVOLUZIONARIO	36
1. Le potenzialità dell'IA applicata al <i>Wargaming</i>	36
2. L'IA impara giocando	38
3. Sviluppo tecnologico raggiunto	39
4. L'IA in ambito difesa: livello di sviluppo internazionale	42
a) <i>Stati Uniti d'America</i>	42
b) <i>Cina</i>	43
c) <i>Russia</i>	43
5. La combinazione IA- <i>wargame</i> nel settore militare	44
6. IA e <i>Wargame</i> applicati alla Pianificazione Generale	51
CAPITOLO 4 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE E WARGAME: UN PERCORSO INNOVATIVO PER LA DIFESA ITALIANA	55
1. <i>Wargame</i> e sviluppo tecnologico nelle Forze Armate italiane	56
2. Limiti e prospettive future	60
3. <i>Wargame</i> e IA: il futuro della Difesa italiana?	61
CONCLUSIONI	69
BIBLIOGRAFIA	73

ALLEGATO A: COGNITIVE BIAS CODEX	A-1
ALLEGATO B: I RUOLI DEL WARGAME	B-1
ALLEGATO C: LE CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEL WARGAME	C-1
ALLEGATO D: TEORIA DELLE INTELLIGENZE MULTIPLE	D-1

ABSTRACT

La presente analisi si pone l'obiettivo di individuare i possibili vantaggi e le opportunità derivanti dall'applicazione di uno strumento quale il *wargame*, in combinazione con una tecnologia emergente quale l'Intelligenza Artificiale (IA), nei vari processi operativi, decisionali e di sviluppo capacitivo con particolare *focus* nel settore della Difesa. A tale scopo, si è provveduto a identificare e definire le caratteristiche del *wargame* e dell'IA per poi effettuare una disamina delle potenziali aree di integrazioni, del livello di tecnologia raggiunto in ambito internazionale, delle tipologie e ambiti di applicazione nonché di specifici strumenti correntemente in uso.

Nel corso dello studio condotto, si è potuto analizzare e tratteggiare le potenzialità della combinazione dello strumento *wargame* e della tecnologia Intelligenza Artificiale nel rendere maggiormente efficienti ed efficaci i processi decisionali e di pianificazione nei vari settori della Difesa, evidenziando come gli aspetti di natura etica e normativi, di assoluto rilievo, richiedano di essere trattati *ad hoc* e in maniera oculata. Quanto emerge dal presente documento sono una serie di proposte, ovvero *input*, che si ritiene possano essere utili ad anticipare gli *step* legati all'innovazione degli strumenti e delle metodologie impiegate in specifiche aree in ambito militare nazionale. Particolare rilevanza è stata, inoltre, attribuita alla necessità di slegare il processo di evoluzione tecnologica dalla piattaforma *hardware* focalizzando l'attenzione sui processi, ad ogni livello, del ciclo decisionale e di pianificazione, nonché negli esami predittivi utili ad orientare la postura e le capacità dello strumento militare in maniera coerente con gli scenari e contesti futuri.

INTRODUZIONE

Wargame e Intelligenza Artificiale (IA) sono uno strumento e una tecnologia sempre più utilizzati, in ambiti diversi, congiuntamente e singolarmente, per facilitare i processi decisionali, rendendoli quanto più efficienti, veloci e completi possibile. In particolare, il *wargame* consente di mettere alla prova una qualsiasi strategia, facendola scontrare con quelli che potrebbero essere gli *input* provenienti dal mondo reale mettendo in evidenza eventuali punti di forza e di debolezza. Nato per un utilizzo in ambito militare tattico, il *wargame* è stato notevolmente sviluppato e ottimizzato per poter essere applicato a tutti i livelli ordinativi e per un impiego anche in contesti differenti da quello militare. D'altro canto, l'IA permette non solo di raccogliere e utilizzare una grande quantità di dati, ma anche di organizzare ed elaborare gli stessi in modo autonomo, consentendo di effettuare previsioni e creare possibili scenari.

Il presente elaborato si pone lo scopo di individuare i vantaggi e le opportunità derivanti dalle possibili interazioni tra *wargame* e IA che potrebbero essere applicate in modo concreto nei vari ambiti del comparto Difesa. Nel merito, non si cercherà di individuare capacità e soluzioni tecniche, quanto piuttosto di definire le potenzialità di questi due strumenti nel supportare sia la pianificazione generale e operativa sia i processi decisionali, soprattutto di lungo termine, ai vari livelli e nei diversi settori della Difesa, identificando eventuali limiti insiti nel loro impiego.

A tale scopo, **partendo dall'importanza rivestita dalle simulazioni di *Wargaming*, analizzando la maturità tecnologica raggiunta dall'Intelligenza Artificiale e confrontando esperienze e progressi raggiunti da altri Paesi in tale campo, ci si pone l'obiettivo di definire possibili prospettive future circa gli ambiti di applicazione dell'IA alla Difesa Italiana.** Pertanto, verrà condotta un'analisi letteraria e documentale dello strumento e della tecnologia.

Nel primo capitolo, sarà affrontato dapprima un inquadramento generale del *wargame* evidenziandone le caratteristiche peculiari, le modalità di svolgimento e le principali tipologie che maggiormente si prestano ad un'applicazione in ambito Difesa. La comprensione dello scopo e dei meccanismi di funzionamento consentirà, inoltre, di individuare le aree in cui impiegare l'IA nelle sue varie forme. Successivamente, nel secondo capitolo, saranno presi in esame gli aspetti principali dell'IA con i relativi settori di applicazione e sarà condotta una panoramica sull'attuale livello di implementazione e sulle modalità utilizzate per aumentare il livello di autonomia di tale tecnologia. Una volta inquadrati *wargame* e IA, nel terzo capitolo

saranno passati in rassegna i campi di applicazione dello strumento e della tecnologia nei comparti difesa di alcuni Paesi, tra cui alleati, *partner* e *peer competitor*, nonché gli sviluppi raggiunti nel settore della simulazione e del *wargaming*, attraverso la disamina di uno specifico sistema impiegato per il *wargame* negli USA. Infine, nel quarto e ultimo capitolo, sarà fornita una descrizione dell'attuale situazione della Difesa Italiana relativamente all'utilizzo del *wargame*, al livello di tecnologia raggiunto e agli ambiti di applicazione. Quanto sottoposto ad analisi sarà correlato, inoltre, con le quattro missioni dello strumento militare nazionale e le finalità dei diversi settori della Difesa cercando di enfatizzare le enormi potenzialità e opportunità offerte dall'utilizzo del *wargame* e dell'IA.

In conclusione, sarà dato spazio ad alcune proposte in merito alle possibili applicazioni nei vari ambiti e livelli allo scopo di migliorare e rendere maggiormente efficienti i processi di pianificazione, i processi decisionali, i processi legati allo sviluppo capacitivo e alla definizione dei requisiti operativi, declinando tali aspetti anche in una prospettiva etica legata all'*accountability*, essenziale per i decisori militari, di qualunque livello, e per i decisori politico strategici.

CAPITOLO 1 - IL WARGAME

1. Storia di un approccio alla guerra

Il *wargame* è, in generale, la simulazione di un'operazione militare che utilizza regole, dati e metodi specifici per aiutare a prendere decisioni, differenziandosi dagli esercizi di addestramento che utilizzano forze reali. Può, altresì, essere definito come una forma di gioco utilizzato dalle forze armate di molti Paesi per simulare scenari reali o immaginari, per addestrare i propri militari, testare le strategie e le tattiche, simulare situazioni di guerra e migliorare la capacità di risposta. Sebbene non esista una definizione comune, il *wargame* presenta delle caratteristiche precise essendo un processo creativo e contraddittorio che consente di esplorare punti di forza e di debolezza di un determinato piano ovvero:

“un modello o una simulazione di guerra il cui funzionamento non coinvolge le attività delle forze militari effettive e la cui sequenza di eventi influenza ed è, a sua volta, influenzata dalle decisioni prese dagli attori che rappresentano le parti opposte”¹.

Nato e utilizzato in ambito militare, nel corso degli anni, il *wargame* si è esteso anche ad altri ambiti proprio in virtù delle sue finalità volte a testare strategie di mitigazione del rischio e tattiche per migliorare l'efficacia, la preparazione e la reattività delle organizzazioni. I campi in cui è stato impiegato sono numerosi ed eterogenei, spaziando sino alla sicurezza informatica. In particolare, è possibile evidenziare alcuni settori, quali:

- analisi delle politiche di sicurezza²: condotte a livello nazionale/internazionale, tese a sviluppare e testare strategie di gestione delle crisi attraverso la simulazione di conflitti ovvero emergenze e valutare gli effetti delle decisioni politiche e militari. Il “*Model United Nations*”³ è un gioco utilizzato per addestrare i giovani studenti a gestire la politica internazionale e a sviluppare le proprie capacità di negoziazione e *leadership*;
- valutazione e implementazione della sicurezza informatica: mediante test delle misure di sicurezza dei sistemi informatici tese ad identificare eventuali vulnerabilità. Ne è un esempio il gioco di simulazione chiamato “Red Team vs. Blue Team”⁴, utilizzato per

¹ Perla, Peter, *The art of wargaming: A guide for professionals and hobbyists*, Annapolis, U.S. Naval Institute, 1990, p. 12.

² Perla, Peter, op. cit. p. 21.

³ AA.VV., (2022), *European Model United Nations*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://europeanpeople.org>).

⁴ Ongaro, Francesco, (2020), *Blue Team Cybersecurity*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.isgroup.it/it/cybersecurity/blue-team-cybersecurity.html>).

AA.VV., *Red Team vs Blue Team Operations: How Does it Works?*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://cybersecuritynews.com/red-team-and-blue-team/>).

testare la sicurezza informatica, in cui una squadra di hacker (Red Team) cerca di violare la sicurezza del sistema informatico di un'organizzazione, per individuare possibili falle nella sicurezza ovvero addestrare gli operatori a rispondere all'attacco;

- potenziamento della pianificazione strategica: mediante test sulle strategie di business e aziendali, simulazione di scenari futuri e identificazione di possibili soluzioni;
- industria: nel lancio di un nuovo prodotto, nella fluttuazione dei corsi in borsa, nonché simulare incidenti in fabbrica, problemi di produzione o interruzioni della catena di approvvigionamento di materie prime e valutare le possibili soluzioni per minimizzare gli effetti sulla produzione, allo scopo di testare la sua capacità di risposta alle situazioni di crisi e sviluppare strategie di mitigazione del rischio;
- economia: per simulare situazioni di crisi finanziaria o economica, al fine di valutare gli effetti delle decisioni politiche ed economiche e per sviluppare strategie di gestione del rischio da parte delle istituzioni finanziarie;
- settore sanitario/medico: nell'ambito ospedaliero, simulare un'epidemia e testare la sua capacità di gestire l'afflusso di pazienti, il personale medico e la fornitura di attrezzature mediche, allo scopo di identificare le aree di miglioramento e sviluppare strategie di prevenzione e risposta alle emergenze sanitarie;
- istruzione, offre un modo innovativo ed efficace per insegnare concetti e competenze in modo coinvolgente e divertente. Potrebbero permettere agli studenti di sviluppare un pensiero critico, essere coinvolti e diventare attori dell'informazione, applicando in modo diretto gli insegnamenti teorici e rafforzando il loro pensiero critico e la loro curiosità⁵. In Francia, ad esempio, il gioco è ancora in fase di scoperta, ma alcuni insegnanti hanno deciso di integrarlo completamente nella loro didattica.

Nel presente capitolo, saranno trattati i lineamenti generali del *wargame*, descrivendone l'origine, la struttura, le caratteristiche e le meccaniche di funzionamento, nonché le modalità di svolgimento, allo scopo di comprenderne gli aspetti peculiari, individuare i possibili ambiti di applicazione dell'IA e offrire degli spunti sulle possibili prospettive di questo strumento di supporto decisionale.

a) *Origini*

Il *wargame* è stato sviluppato per la prima volta nel 1820 da due ufficiali in Prussia e, successivamente, adottato da molte Nazioni come strumento per l'addestramento e

⁵ Mezzano, Mederic, (2018), *Ready For A Serious Game?*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://portail-ie.fr/analysis/1909/jdr-ready-for-a-serious-game>)

la pianificazione militare. Negli anni antecedenti la prima guerra mondiale, l'esercito britannico, sotto la direzione e l'arbitrato del Maggiore Generale J.M. Grierson e del suo *staff*, condusse un *wargame* strategico di grandi dimensioni che durò cinque mesi per simulare la possibile evoluzione di un conflitto tra Germania e Francia. Con lo svolgimento di tale attività, che richiese una pianificazione dettagliata in tempo reale, Grierson fu in grado di prevedere il Piano Schlieffen⁶ e l'impegno britannico in Belgio nel 1914, nonché di evidenziare gravi carenze nella mobilitazione e trasporto del suo esercito. In particolare, si dimostrò che i preparativi militari posti in essere fino a quel momento erano insufficienti, poiché la Francia sarebbe stata sconfitta prima che la Gran Bretagna e il Belgio potessero intervenire militarmente. Tale evento ebbe un impatto significativo sulla strategia militare del Paese e condusse ad una serie di azioni, tra cui la rielaborazione della mobilitazione e dei piani attraverso la Manica, la pianificazione congiunta con il Belgio e l'Intesa Cordiale⁷ con la Francia. Grazie alle decisioni prese in seguito al *wargame*, i tedeschi persero la prima campagna della prima guerra mondiale e il corpo di spedizione britannico riuscì ad ottimizzare i risultati del suo intervento. Successivamente, i *wargame* sono stati utilizzati con successo in molti conflitti per ottenere un vantaggio competitivo, anche durante la seconda guerra mondiale, soprattutto in Germania, Giappone e Stati Uniti⁸.

b) *Tipologie*

Le motivazioni alla base della diffusione del *wargame* in ambiti così diversi tra loro, risiedono nei vantaggi che l'utilizzo di tale strumento comporta, tra cui l'opportunità di esplorare opzioni, correre rischi in un ambiente sicuro, esporsi all'attrito e all'incertezza, sviluppare capacità di ascolto e leadership, esplorare l'innovazione nell'arte della guerra e degli affari nonché scoprire elementi e incognite precedentemente non identificate. A seconda delle finalità che si intende perseguire, esistono diversi tipi⁹ di *wargame*, tra cui quelli tradizionali, con miniature o segnalini su una mappa per controllare forze militari in uno scenario simulato, quelli informatici,

⁶ Prevedeva una rapida mobilitazione tedesca, l'inevitabile violazione della neutralità di Olanda e Belgio, e il rapido e massiccio dilagare delle truppe tedesche attraverso le Fiandre e verso Parigi, facendo perno sulla debole tenuta dell'ala sinistra delle posizioni francesi in Alsazia-Lorena. A seguito della rapida sconfitta della Francia, *Schlieffen* prevedeva di poter spostare l'attenzione tedesca sul fronte orientale.

⁷ Viene firmata a Londra l'8 aprile 1904, fra Francia e Gran Bretagna. Il trattato definisce le sfere d'influenza coloniale dei due paesi. La Francia dichiara il proprio interesse sul Marocco e la Gran Bretagna sull'Egitto. È la prima risposta al riarmo navale della Germania e segna la fine di secoli di conflitti fra la Francia e la Gran Bretagna. L'accordo costituisce la base della "Triplice intesa" che comprenderà anche la Russia.

⁸ Perla, Peter, op.cit., p. 54.

⁹ Herman, Mark. e Frost, Mark, *Wargaming for Leaders: Strategic Decision Making from the Battlefield to the Boardroom*, New York, McGraw Hill, 2008, p. 23.

che impiegano un computer per simulare le azioni belliche e controllare le forze militari in uno scenario simulato, nonché quelli di simulazione che utilizzano appunto la simulazione per riprodurre azioni belliche.

Come già accennato, uno degli aspetti che contribuisce alla validità di un wargame è quello di evitare che potenziali pregiudizi o bias¹⁰ possano verificarsi durante l'intero processo. Per ovviare a tali problematiche, la NATO ha predisposto il NATO Alternative Analysis (AltA)¹¹, un documento che descrive i metodi a sostegno dell'applicazione di un pensiero critico indipendente e di prospettive alternative per migliorare il processo decisionale¹², evitando il verificarsi di pregiudizi¹³. È compito del wargame director evidenziare e prevenire possibili pregiudizi utilizzando le proprie capacità personali¹⁴, ossia:

- competenza professionale (nella progettazione, esecuzione e analisi dei wargame);
- coraggio morale, integrità, equilibrio e carisma per affrontare le interferenze;
- capacità di eseguire un'analisi degli obiettivi, applicata alle specifiche di wargame.

Una volta assicurata la validità del processo di wargame (progettazione, esecuzione, e analisi), è altrettanto importante pervenire ai risultati e comunicarli all'utente, includendo la valutazione¹⁵ della validità del gioco effettuato.

In virtù della loro finalità orientata all'addestramento e alla valutazione approfondita ed analitica di opzioni strategiche, decisioni e conseguenze, ci sono, inoltre, alcuni tipi di wargame che necessitano di una trattazione più articolata, al fine di comprenderne le peculiarità e le caratteristiche ed individuare i possibili ambiti di

¹⁰ *Bias* di conferma (essendo prevalentemente interessato alle informazioni che confermano le nostre percezioni esistenti). Ancoraggio di *bias* (fare troppo affidamento sul primo pezzo di informazione). Effetto struzzo (ignorare le informazioni pericolose o negative, 'seppellire' la testa nella sabbia). *Bias* di campionamento (selezionando un campione che favorirà alcuni risultati più di altri, ad esempio, impostazione gli scenari di wargame, vignette, giocatori, ecc. per favorire una delle squadre). In Allegato "A" - *Cognitive Bias Codex* (<https://www.visualcapitalist.com/wp-content/uploads/2021/08/all-188-cognitive-biases.html>).

¹¹ NATO *Alternative Analysis Handbook*, 2017.

¹² Kahneman et al., in *Joint Doctrine Publication (JPD - 04) del Regno Unito*, 2016.

¹³ Il NATO AltA definisce il pregiudizio come "...una distorsione del pensiero e delle percezioni che può portare a false ipotesi e analisi errate. Un pregiudizio è un'inclinazione consapevolmente realizzato o completamente sconosciuta a una persona di presentare o essere predisposti verso una particolare prospettiva. Questo è spesso accompagnato da un rifiuto intenzionale o non intenzionale di riflettere sui possibili meriti di alternativi punti di vista".

¹⁴ Downes-Martin, Stephen, *Your Boss, Players and Sponsor: The Three Witches of Wargaming*, Newport, *Naval War College Review* n. 67(1), 2014, p. 2.

¹⁵ Bowden, Fred, e Williams, Peter, (2013), *A Framework for Determining the Validation of Analytical Campaigns in Defence Experimentation*, 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide (AUS), 1 – 6 Dec. 2013, p. 1131-1132. Al riguardo, la valutazione è stata effettuata attraverso i seguenti aspetti principali:

- convalida interna: esamina i singoli componenti del wargame e controlla processi ed errori (il modello è stato costruito correttamente);
- convalida esterna: valuta l'idoneità del modello del wargame allo scopo (è costruito il modello giusto) ed esamina la capacità di relazionarsi con il mondo reale;
- validità filosofica: che tiene conto di tutto il possibile, di ogni prospettiva legata a problemi o soluzioni.

impiego nel settore della difesa e per l'applicazione dell'IA. Nello specifico, parliamo dei c.d. "Serious Game", orientati alla formazione e all'addestramento, e i c.d. "Wargame Analitici", utilizzati per la valutazione delle decisioni strategiche e delle conseguenze delle azioni militari o di sicurezza.

a. I "Serious Game"

Sono *wargame* educativi e di formazione che si concentrano sull'addestramento del personale, utilizzando ambienti sicuri per permettere ai partecipanti di esercitare, sperimentare e innovare attraverso l'esperienza, aiutando a sviluppare una comprensione condivisa delle situazioni e dei compiti che si potrebbero affrontare nella vita reale. Hanno lo scopo di diventare un vero e proprio metodo per analizzare e affrontare una situazione grave ovvero complessa, sviluppando abilità e competenze attraverso le caratteristiche del gioco, ossia creatività e immaginazione. In particolare, consentono di¹⁶:

- favorire la riflessione su argomenti concreti: il gioco permette di liberare la mente e innovare per le situazioni che sembrano bloccate (*out of the box*). Nel contesto della gestione delle crisi, è un ottimo esercizio per prepararsi in anticipo alle numerose eventualità possibili;
- porsi nei panni dell'avversario: consente un interessante esercizio mentale per non essere solo concentrati sulla propria posizione e sui propri interessi, ma di porsi nel campo opposto per percepire la situazione da un altro punto di vista, analizzando le falle che si individuano nel proprio campo;
- ascoltare e farsi ascoltare: la rigida gerarchia e le tempistiche ristrette possono spesso impedire di proporre le proprie idee ovvero ascoltare ciò che altri hanno da dire. Nell'ambito dei Serious Game ciò non accade perché le regole del gioco prevalgono e ognuno è costretto ad ascoltare le proposte degli altri lasciandoli esprimersi.

In sintesi, i *Serious Game*, grazie alle loro peculiarità e flessibilità di adattarsi ai diversi contesti, hanno il grande potenziale di sviluppare, migliorare e facilitare la riflessione e l'addestramento alla gestione delle criticità e dei rischi in diversi settori, ma anche la conoscenza e la collaborazione tra membri di una stessa squadra¹⁷.

¹⁶ Rugolo, Alessandro, (2022), *Serious games e war games*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.difesaonline.it/mondo-militare/serious-games-e-war-games>).

¹⁷ *Ibidem*.

b. I *Wargame* Analitici

I wargame analitici sono utilizzati per sviluppare e testare piani per affrontare eventi o situazioni specifiche. Le loro applicazioni comprendono questioni politiche, strategiche, operative e tattiche e il loro scopo è quello di esaminare rigorosamente i piani per individuare rischi, problemi e fattori non considerati in precedenza (wargame analitici di pianificazione), nonché generare intuizioni e dati che aumentino la comprensione degli eventi futuri che servano da supporto per il processo decisionale (wargame analitici decisionali esecutivi). L'obiettivo del gioco è di comprendere come le situazioni potrebbero evolvere, o le forze potrebbero adattarsi ai nuovi scenari, o di come la scienza e la tecnologia potrebbero fornire un vantaggio competitivo. Questi ultimi aspetti rivestono un carattere fondamentale per la presente tesi che cercherà di evidenziare come l'applicazione di tali giochi, supportati da tecnologie all'avanguardia come l'IA, presenti enormi opportunità per la Difesa in termini di pianificazione strategica e operativa, sviluppo e acquisizione capacitiva, nonché processi decisionali, in maniera coerente con i Future Operating Environment (FOE) e Future Operating Scenario (FOS).

Alla luce di quanto sopra, sarà effettuata una disamina dei wargame analitici per meglio comprendere le caratteristiche, le dinamiche e l'utilità della loro applicazione, nonché per individuare soluzioni per il miglioramento di un aspetto fondamentale per un wargame, ossia la validità. Come anticipato, questa tipologia di wargame rappresenta uno strumento utile all'analista per risolvere problemi difficili, prendere decisioni importanti, fornire consigli. La loro applicazione comporta, pertanto, conseguenze significative ed è importante che il team di analisti sia in grado di valutare la validità dei metodi utilizzati affinché i risultati del wargame siano credibili ed accettabili. Le dimensioni della validità (obiettività e rigore) sono importanti nel contesto wargame e devono essere considerate durante l'intero processo, dalla progettazione all'esecuzione, all'analisi e al reporting post-wargame. In ambito NATO, la validità dei metodi e dei principi che si applicano ai wargame sono valutati dal NATO Code of Best Practice (COBP) for Judgment Based¹⁸, secondo cui la validità si fonda sull'obiettività dell'analisi e sul rigore nell'applicazione di regole logiche. In merito, il COBP definisce ulteriori dimensioni di validità tra le quali: la ripetibilità, la

¹⁸ NATO *Guide for Judgment-Based Operational Analysis in Defence Decision Making*, 2012.

verificabilità/trasparenza, l'indipendenza e mancanza di pregiudizi, la capacità di comprensione, nonché la robustezza in condizioni di incertezza.

Nella progettazione del wargame è essenziale disporre di una chiara dichiarazione di intenti (scopo del gioco) e di una ipotesi ben formulata per guidare la raccolta dei risultati e garantire la validità del wargame¹⁹.

2. Struttura e caratteristiche

Sulla base di quanto definito nel paragrafo precedente, risulta evidente che il successo del *wargame* si fonda sulla capacità di pianificare il gioco orientandolo allo scopo, evitando *bias* e impiegando il personale competente nel giusto ruolo. Inoltre, per funzionare correttamente, un *wargame* deve essere dotato di una struttura composta da determinati attori²⁰ ognuno dei quali svolge un ruolo ben definito con specifiche responsabilità (Allegato "A"). Tra i vari ruoli, si evidenzia il "*Game Sponsor*" che tra le sue mansioni/incombenze ha anche l'autorità di condurre la simulazione e definire gli obiettivi; il "*Game Director*" che rappresenta il "*Game Sponsor*" ed è responsabile della conduzione del gioco in conformità con le regole. C'è poi la figura del "*Game Controller*", che supporta il "*Game Director*", e si assicura che tutte le regole e le procedure siano rispettate. Inoltre, c'è il "*Wargame Team*" di cui fanno parte il "*Designer*" e gli "esperti di simulazione", responsabili rispettivamente della progettazione della simulazione e della creazione, sviluppo e condotta della stessa; lo "*Sponsor Representative*", che rappresenta gli interessi e le esigenze del "*Game Sponsor*", e gli "analisti", responsabili dell'analisi dei risultati e delle lezioni apprese durante la simulazione. Infine, ovviamente, i "giocatori", tra cui si evidenziano i "*Blue*", che rappresentano le forze, gli enti o le parti interessate coinvolti nella simulazione, i "*Red*", ossia le forze avversarie, gli "*Orange*", forze neutrali ovvero non coinvolte nello scenario di simulazione, ed i "*Black*", forze imprevedibili o incontrollabili.

¹⁹ In merito, il GUIDEx, è un documento che definisce i componenti critici necessari per avviare e condurre la sperimentazione dei programmi della Difesa attraverso il *wargaming*, indica quattro requisiti necessari per strutturare il *wargame* nel modo corretto ed ottenere un esperimento valido, ossia:

1. Abilità ad impiegare le capacità: è importante una corretta selezione dei giocatori nei ruoli giusti e garantire il corretto equilibrio di competenze nel gioco.
2. Abilità a identificare il cambiamento: la capacità di non attribuire erroneamente un cambiamento quale effetto di una causa sbagliata a causa di *bias*
3. Abilità a individuare le ragioni del cambiamento: la capacità di individuare il motivo del cambiamento ricercando la vera causa-effetto.
4. Abilità a mettere in relazione i risultati con le operazioni: è necessario un adeguato livello di realismo nei giocatori (calarsi nella parte/ruolo) e nello scenario, che deve essere basato su eventi reali, attori reali e geografia. Inoltre, è stato preso in considerazione il *Technical Cooperation Program 92006. Guide for Understanding and Implementing Defence Experimentation*. Documento redatto da USA, Canada, UK e Australia, febbraio 2006.

²⁰ UK *Wargaming Handbook*, Shrivenham, UK *Minister of Defence*, 2017, p. 29-33.

Oltre ad essere ben strutturato, per essere pienamente valido ed efficace e consentire ai *player* di vivere un'esperienza realistica che favorisca l'apprendimento²¹, il *wargame*, dovrà avere determinate caratteristiche di funzionamento (Allegato "B")²², tra le quali si evidenziano:

- antagonismo dinamico: la controparte ostile o l'entità contro cui si sta simulando un conflitto deve adattarsi e reagire agli input ricevuti;
- casualità e incertezza: per creare imprevedibilità nell'ambiente operativo e nelle azioni nonché mancanza di conoscenza precisa su alcuni elementi dell'avversario;
- primato delle decisioni dei giocatori e "safe to fail": libertà di decidere come agire, per testare la capacità di prendere decisioni efficaci in situazioni imprevedibili e dinamiche, sperimentando idee e opzioni rischiose senza conseguenze negative per le operazioni reali o per la sicurezza dei partecipanti;
- contesto: per comprendere le influenze esterne (ambiente politico, economico, sociale e culturale) che potrebbero avere un impatto sulla situazione operativa;
- economicità, la frequenza e la scala ridotta della simulazione: permette di condurre più simulazioni in modo efficiente e frequente, senza dover investire grandi quantità di risorse²³;
- analisi e Lessons Identified²⁴ (LI): processo di valutazione e interpretazione dei risultati del gioco, delle decisioni prese dai giocatori, delle prestazioni delle forze simulate, dell'utilizzo delle risorse e degli effetti delle azioni, per migliorare le capacità dell'unità e della comprensione della situazione simulata.

3. Funzionamento

La fase di esecuzione comporta l'applicazione delle regole e delle procedure previste, nonché la raccolta dei dati relativi allo svolgimento del gioco stesso. In generale, l'esecuzione del *wargame* può essere suddivisa in tre fasi principali:

- Preparazione: prima di iniziare il gioco, i partecipanti ricevono un briefing sui loro obiettivi e sulle regole del gioco. Questa fase può anche includere l'assegnazione di ruoli e il posizionamento delle unità sul campo di gioco e prevede:

²¹ *UK Wargaming Handbook*, op.cit., p. 2.

²² *UK Wargaming Handbook*, op.cit., pp. 19-29.

²³ *UK Wargaming Handbook*, op.cit., pp. 19-29.

²⁴ Con il termine Lessons Identified andiamo ad indicare "an observation which has been analysed in order to identify the root cause, and in respect of which a recommended Remedial Action and a Tasking Authority has been identified." NATO Joint Analysis and Lessons Learned Center (JALLC), consultato il 4 aprile 2023 (www.jallc.nato.int).

- definizione degli obiettivi: necessaria per avere una chiara comprensione degli obiettivi del gioco di guerra e dei risultati desiderati;
 - selezione della metodologia: scelta di quella più adatta alle finalità dell'esercizio, ad esempio, il gioco di ruolo, la simulazione, il *tabletop game*, ecc.;
 - selezione degli scenari: definire gli scenari possibili da utilizzare, tenendo conto delle condizioni ambientali, politiche, militari, ecc.;
 - impostazione delle condizioni: con particolare riferimento alle condizioni strategiche e operative che influenzano l'operazione, tra cui considerazioni politiche, condizioni di minaccia, condizioni ambientali, condizioni civili, condizioni di informazione e media, ecc.;
 - selezione delle regole: definire le regole del gioco, come i tempi di gioco, la risoluzione dei conflitti, ecc.;
 - selezione dei partecipanti: identificare i partecipanti, valutando le loro competenze e il loro ruolo nel gioco.
- Fase di gioco: durante la fase di gioco, i partecipanti iniziano ad eseguire le loro mosse e a prendere le loro decisioni, seguendo le regole e le procedure del gioco. In questa fase, il facilitatore può intervenire per fornire ulteriori informazioni o chiarimenti, se necessario. Tale fase si sviluppa nelle seguenti sotto fasi che sono fondamentali durante l'esecuzione del wargame, in quanto rappresentano il modo in cui i partecipanti del gioco agiscono e rispondono alle azioni degli avversari, in particolare:
 - azione: la fase di azione rappresenta il momento in cui un partecipante del gioco prende l'iniziativa e compie un'azione (attacco, spostamento di truppe, negoziazione di un accordo);
 - reazione: gli altri partecipanti reagiscono all'azione, valutando la situazione e determinando la mossa più adeguata per difendersi o per contrattaccare;
 - controazione: valutazione di una mossa per reagire alla reazione.

Queste fasi possono portare a una serie di azioni e reazioni in cui ogni giocatore cerca di superare l'avversario e sono importanti per valutare le conseguenze delle azioni nonché per migliorare il processo decisionale sia strategico che tattico.

 - conclusione: alla fine del gioco, c'è la raccolta dei dati e la preparazione di un rapporto finale. Si analizzano i risultati, valutando l'efficacia delle loro decisioni e delle loro mosse nonché identificando le aree di miglioramento e le opportunità per sviluppare nuove strategie.

In conclusione, nel Capitolo, è stato evidenziato come il *wargame* sia uno strumento che facilita l'analisi di un piano, qualsiasi sia l'ambito di applicazione. In particolare, ripercorrendo i cosiddetti punti decisivi di un piano, ossia la successione delle condizioni intermedie mediante le quali giungere alla situazione finale desiderata, il *wargame* consente di mettere alla prova il processo decisionale addestrando il decisore e il suo *staff* alla gestione dei rischi e ad un approccio flessibile sempre aderente al possibile evolvere della situazione. A tal fine, il *wargame* deve essere organizzato e condotto secondo le modalità esposte, prevedendo figure che consentano di raggiungere lo scopo auspicato. Proprio la definizione dello scopo sarà determinante per la buona riuscita del *wargame*, in quanto consentirà di elaborare delle regole e dei meccanismi di controllo effettivamente funzionali.

CAPITOLO 2 - L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

1. Peculiarità

L'IA rappresenta un campo di ricerca e sviluppo che coinvolge varie discipline, tra cui l'informatica, la matematica, la filosofia, la psicologia e le scienze cognitive. Il suo obiettivo è lo studio e la creazione di sistemi e algoritmi in grado di eseguire autonomamente compiti che richiedano il ricorso all'intelligenza umana quali il ragionamento, l'apprendimento, la percezione, la comprensione del linguaggio naturale e l'interazione sociale.

Benché non vi sia, ad oggi, una definizione univoca e accreditata dell'IA in ambito accademico, è interessante notare come molte di queste condividano concetti chiave quali:

- la capacità di elaborare e utilizzare informazioni:

“la Scienza e l'ingegneria di creare macchine intelligenti, in particolare di programmi per computer intelligenti”²⁵;

“il ramo dell'informatica che si occupa della creazione di agenti intelligenti”²⁶.

- la capacità di emulare il funzionamento del pensiero umano, apprendendo e adattandosi al cambiamento:

“una scienza e un insieme di tecniche computazionali che vengono ispirate – pur operando tipicamente in maniera diversa – dal modo in cui gli esseri umani utilizzano il proprio sistema nervoso e il proprio corpo per sentire, imparare, ragionare e agire”²⁷.

- la capacità di ragionare per prendere decisioni:

“la capacità di un sistema informatico di eseguire compiti che richiedono intelligenza umana, come la percezione, il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione, la comunicazione e la comprensione del linguaggio naturale”²⁸.

²⁵ J. McCarthy, uno dei fondatori dell'Intelligenza Artificiale, propose tale definizione per la prima volta nel 1956, in occasione della conferenza di Dartmouth (*Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*), contribuendo a delineare il campo di rilevanza dell'Intelligenza Artificiale quale disciplina scientifica e tecnologica.

²⁶ S. Russell e P. Norvig definiscono l'Intelligenza Artificiale come "il ramo dell'informatica che si occupa della creazione di agenti intelligenti", dove un agente intelligente è un sistema che percepisce l'ambiente circostante e agisce in modo autonomo per raggiungere uno o più obiettivi.

²⁷ Mitchell, Melanie, *Intelligenza artificiale: Una guida per cittadini consapevoli*, Einaudi, Milano, 2022, p. 5.

²⁸ Brynjolfsson, Erik, e McAfee, Andrew, *La nuova rivoluzione delle macchine*, Feltrinelli, Milano, 2015. Gli autori ricorrono a questa definizione per evidenziare come l'Intelligenza Artificiale possa essere utilizzata in una vasta gamma di applicazioni, dai sistemi di assistenza virtuale alle automobili autonome.

Nella comune accezione, l'IA viene quindi descritta come la creazione di sistemi o programmi informatici in grado di imitare o addirittura superare l'intelligenza umana in specifici compiti, trovando vasta applicazione in molti settori, tra cui la visione artificiale, il riconoscimento del parlato, la traduzione automatica, la robotica, i giochi, la finanza e la medicina. Tale obiettivo appare perseguibile mediante lo sviluppo di diverse modalità e forme di intelligenza, così come proposto da Gardner nello sviluppo della sua tesi riguardante le intelligenze multiple (Allegato "C")²⁹.

Questa propone una visione dell'intelligenza umana non come un'unica capacità generale, ma piuttosto come una serie di intelligenze multiple o capacità cognitive differenti che, combinate tra loro, siano in grado di influenzare il modo di apprendere, risolvere problemi e ragionare, non limitandosi ad imitare le capacità umane di elaborazione logico-matematica, ma cercano di incorporare una vasta gamma di abilità cognitive³⁰. Tuttavia, nonostante i notevoli progressi conseguiti negli ultimi anni, l'IA non è ancora in grado di replicare completamente le capacità cognitive umane. Sussistono, ad oggi, diverse sfide da affrontare, tra cui la comprensione del funzionamento del cervello umano, la creazione di algoritmi di apprendimento automatico che siano in grado di riconoscere e adattarsi a nuove situazioni e i conseguenti risvolti di natura etica quali la responsabilità (*accountability*³¹), la trasparenza, la *privacy* e la sicurezza³².

Ciò detto, l'IA appare caratterizzata da una serie di peculiarità che la distinguono da altre discipline informatiche. Queste le permettono di:

- avvalersi di un ampio spettro di tecniche e algoritmi, tra cui le reti neurali, gli alberi di decisione, gli algoritmi genetici, *Support Vector Machines*.³³ Tecniche utilizzate per modellare e rappresentare il mondo, nonché per prendere decisioni in situazioni complesse;
- risolvere problemi che richiedono l'analisi di grandi quantità di dati, quali il riconoscimento del linguaggio naturale, la visione artificiale e la diagnosi medica³⁴.

²⁹ H. Gardner con la "*Teoria delle Intelligenze Multiple*" descrive, in diversi libri e articoli, tra cui:

- *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, Basic Book, 1983;
- *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century*, Basic Book, 1999, come l'intelligenza non possa essere vista come una capacità generale, ma come una combinazione di diverse intelligenze, ognuna delle quali opera in modo relativamente indipendente (Vds. All. "A" – La Teoria delle Intelligenze Multiple).

³⁰ Le intelligenze multiple includono, ad esempio, la capacità linguistica, la capacità logico-matematica, la capacità spaziale, la capacità musicale, la capacità interpersonale e la capacità intrapersonale.

³¹ Il tema dell'*accountability* riveste, in particolare nel settore della difesa e sicurezza, particolare rilevanza. Lo stesso sarà successivamente affrontato nel proseguo della dissertazione (vds. Cap. II par. 3, s/par. 3.3.)

³² Floridi, Luciano, et al., *AI People — An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations, Minds and Machines*, n. 28(4), 2018, pp. 689-707.

³³ Russell, Stuart J. e Norvig, Peter, *Intelligenza Artificiale. Un approccio moderno*, Pearson, Torino, 2021.

³⁴ LeCun, Yann, Bengio, Yoshua e Hinton, Goffrey, *Deep learning*, Nature, vol. 521, n. 7553, pp. 436–444, 2015.

- apprendere autonomamente dai dati acquisiti, il che implica la capacità dei sistemi di migliorare le loro prestazioni grazie all'esperienza accumulata durante l'utilizzo³⁵,
- generalizzare le conoscenze acquisite da un insieme di dati a nuovi casi³⁶. Apprendendo dai dati acquisiti applicando le conoscenze maturate in situazioni diverse, offrendo un enorme potenziale per rivoluzionare molti settori, migliorando l'efficienza e la precisione delle attività svolte.

Tra le peculiarità descritte, che differenziano l'IA da altre discipline informatiche, la capacità di apprendere autonomamente e applicare le conoscenze maturate dai dati acquisiti rappresenta uno degli aspetti di assoluta centralità per i risvolti di natura etica e sociale, come la responsabilità, la trasparenza e la sicurezza che tale tecnologia adduce.

In questo Capitolo, sarà effettuata una disamina generale dell'IA per comprendere le modalità di implementazione e l'attuale livello di sviluppo, nonché le caratteristiche, le tipologie e le aree di applicazione, allo scopo di determinare modalità e vantaggi del suo impiego nel *wargame* e proporre ulteriori possibili spunti di impiego in ambito difesa.

a) *Automazione e Autonomia*

L'importanza di distinguere tra l'automazione e l'autonomia dei sistemi risiede nella necessità di sviluppare l'IA in grado di apprendere, adattarsi e prendere decisioni autonome, al fine di poter operare in situazioni e scenari complessi e imprevedibili. Benché alcune implicazioni dell'adozione delle tecnologie automatizzate e autonome possano apparire simili, è necessario comprendere le differenze tra i due concetti per poter prendere decisioni corrette nella progettazione di sistemi diversi. La distinzione tra processi di automazione e quelli di autonomia assume quindi un ruolo rilevante all'interno della discussione sull'IA. Tuttavia, i due termini, sovente, vengono utilizzati in modo intercambiabile, creando confusione e dando l'impressione che siano parte di un *continuum*³⁷.

L'automazione, in particolare, consiste nella tecnologia volta a gestire un processo mediante:

“ [...] l'esecuzione di compiti ripetitivi o complessi che altrimenti richiederebbero l'intervento umano”³⁸.

³⁵ Goodfellow, Ian, Bengio, Yoshua, Courville, Aaron, *Deep learning*, (Vol. n. 1). MIT Press, 2016.

³⁶ Mitchell, David B, Brown, Alan, Murphy, Dana R., *Dissociations between procedural and episodic memory: Effects of time and aging*. *Psychology and Aging*, n. 5(2), 1990, pp. 264–276.

³⁷ Domingos, Pedro, *The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*, Penguin, 2015.

³⁸ Shall, Richard L, e Hall, Ernest L., *Handbook of Industrial Automation*, New York, Marcel Dekker Inc., 2000, p. 15.

Tuttavia, questo non implica una capacità di apprendimento e adattamento da parte del sistema, né, tanto meno, la capacità di prendere decisioni autonome. Ne discende che i sistemi automatizzati sono in grado di eseguire uno specifico compito predefinito che conduce a un risultato deterministico, ma non possono operare in situazioni e scenari imprevisi o in assenza di specifiche codifiche. In altre parole, la capacità di un sistema di svolgere un compito in modo automatico non garantisce una sua autonomia.

L'autonomia, invece, si riferisce alla capacità del sistema di apprendere, adattarsi e prendere decisioni indipendenti, anche in situazioni imprevedute. Questa distinzione assume importanza soprattutto quando si considera la valutazione dell'efficacia e dell'efficienza dei sistemi intelligenti, in quanto l'autonomia richiede una comprensione approfondita delle capacità e dei limiti degli stessi in termini di apprendimento e di *decision-making* autonomo. Ciò detto, dal punto di vista delle fasi di sviluppo progressivo, l'autonomia potrebbe quindi essere interpretata come una forma avanzata di automazione, dotata della capacità di adattarsi a una vasta gamma di condizioni. Ci si riferisce, pertanto, alla capacità delle macchine (con implicazioni che riguardano sia l'*hardware* sia il *software*) di funzionare in modo indipendente in condizioni di incertezza significativa per periodi prolungati, senza intervento umano esterno ed eseguendo autonomamente compiti anche in scenari non del tutto previsti. Al riguardo, Wagner e Kendel la definiscono quale:

“La capacità di un sistema di operare in modo indipendente e senza l'intervento diretto dell'uomo, effettuando scelte e decisioni in base a criteri predefiniti o imparati tramite esperienza.”³⁹

Discende che i sistemi autonomi impiegano tecnologie che consentono loro l'apprendimento, il ragionamento e l'auto-adattamento, giungendo a risultati non deterministici.

b) Livelli di Automazione

Distinguere tra i diversi livelli di autonomia dei sistemi automatici e robotici ha portato allo sviluppo del concetto di Livelli di Automazione (LOA). Lo scopo principale di questa tassonomia è quello di valutare il grado di autonomia di un sistema e determinare il livello di controllo che l'essere umano deve mantenere sulla decisione e

³⁹ Groover, Mikell P., *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Pearson, Torino, 2015, p. 43.

sull'azione del sistema. Ciò consente ai progettisti di sviluppare sistemi robotici che siano sicuri ed efficienti, ma anche in grado di svolgere compiti in modo autonomo senza rappresentare una minaccia per gli esseri umani⁴⁰.

L'utilizzo di questo strumento appare fondamentale non solo per la progettazione e la valutazione dei sistemi robotici, ma anche per la comprensione delle differenze tra automazione e autonomia. Tra i diversi modelli proposti, particolare interesse, per lo sviluppo della presente analisi, è stato riposto in quello sviluppato da J.S. Albus, incentrato sul grado di controllo dell'essere umano sulla decisione e sull'azione del sistema su cinque livelli di autonomia. Questo approccio, particolarmente utile per valutare il livello di autonomia di un sistema e determinare il grado di controllo che l'essere umano deve mantenere sullo stesso per garantirne il corretto funzionamento, identifica i seguenti livelli:

- Livello 0: il sistema è completamente controllato dall'essere umano e non ha alcuna capacità di prendere decisioni o di agire autonomamente;
- Livello 1: il sistema è in grado di assistere l'essere umano nelle sue decisioni, ma non ha il potere di prendere decisioni o di agire autonomamente;
- Livello 2: il sistema è in grado di prendere decisioni limitate e di agire autonomamente in determinate situazioni, ma richiede ancora il controllo dell'essere umano;
- Livello 3: il sistema è in grado di prendere decisioni e di agire autonomamente in molte situazioni, ma richiede ancora la supervisione e il controllo dell'essere umano in situazioni particolari;
- Livello 4: il sistema è in grado di prendere decisioni e di agire autonomamente in quasi tutte le situazioni, senza la necessità di una supervisione umana costante.

Tuttavia, per una valutazione completa dei sistemi, è necessario integrare la scala di LOA con una serie di parametri di valutazione che tengano in considerazione anche gli aspetti sociali ed etici dell'interazione uomo-macchina.

c) *L'apprendimento*

In accordo con quanto osservato finora, il termine apprendimento si riferisce al processo in cui un sistema di IA acquisisce conoscenze e competenze in modo autonomo, senza la necessità di una programmazione esplicita per svolgere una

⁴⁰ Albus, James S., *Outline for a theory of intelligence*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, n. 21(3), 1991, pp. 473-509.

specifica attività. Lo stesso si differenzia in due principali categorie: automatico e profondo.

L'Apprendimento automatico⁴¹ utilizza algoritmi di *machine learning* per analizzare i dati e imparare da essi. I sistemi di riconoscimento delle immagini rappresentano, al riguardo, una valida esemplificazione delle applicazioni di tale metodologia. Gli stessi potrebbero essere addestrati ad identificare oggetti in immagini sconosciute. L'apprendimento automatico è spesso utilizzato per prevedere risultati e classificare dati come nei sistemi di *marketing* personalizzati che utilizzano l'analisi dei dati per indirizzare i messaggi pubblicitari ai clienti più interessati. Sussistono, inoltre, diverse categorie di apprendimento automatico legate all'intervento dell'operatore umano. Tra queste:

- Apprendimento Supervisionato: il sistema viene addestrato su un insieme di dati etichettati dagli operatori umani o da macchine che, supervisionando l'apprendimento, permettono la classificazione dei dati. In questo caso, il fattore umano entra in causa nella supervisione fornendo una interpretazione che può essere anche culturale e quindi con *bias*, nei dati o nelle regole dell'algoritmo di addestramento, che influenzano l'*output* finale. L'obiettivo è quello di generare un modello in grado di prevedere le etichette per nuovi dati.
- Apprendimento non Supervisionato: gli algoritmi di apprendimento automatico utilizzano strumenti matematici per identificare regolarità, correlazioni e *cluster*, al fine di evidenziare tendenze, fenomeni e complessità che richiedono successivamente un modello interpretativo basato su strumenti scientifici e culturali appropriati in base al settore di applicazione. In caso di algoritmi non supervisionati, il numero di classi di una base di dati potrebbe non essere noto a priori, e l'algoritmo di addestramento potrebbe creare categorie automaticamente. L'obiettivo sarà quello di trovare relazioni o strutture nei dati. Tuttavia, in alcuni contesti, come la diagnosi medica o la somministrazione di terapie, la decisione umana svolge un ruolo fondamentale nell'influenzare i requisiti, gli obiettivi e i tempi di risposta desiderati. In campo sanitario, ad esempio, i movimenti scientifici che propongono la medicina basata sull'evidenza scientifica cercano di definire metodologicamente come procedere nelle decisioni utilizzando gli strumenti matematici, statistici e informatici, preservando allo stesso tempo l'accuratezza del risultato finale ed evitando i *bias* che possono essere letali in questo campo.

⁴¹ Groover, Mikell P., op.cit. p. 51.

- Apprendimento Rinforzato: il sistema è addestrato tramite un *feedback* positivo o negativo per compiere azioni in un ambiente.

L'apprendimento profondo⁴², invece, utilizza reti neurali artificiali molto complesse per analizzare e comprendere i dati. Un sistema di riconoscimento delle emozioni umane potrebbe, ad esempio, utilizzare l'apprendimento profondo per analizzare le espressioni facciali e determinare se una persona è triste, arrabbiata o felice. L'apprendimento profondo è, inoltre, spesso utilizzato per la traduzione automatica e la generazione di un testo, come in un sistema che traduce uno scritto in una lingua diversa in tempo reale.

2. Tipologie⁴³

Le tecnologie relative all'IA sono comunemente classificate in base alla loro capacità di imitare le caratteristiche della mente umana, alla tecnologia utilizzata, alle loro applicazioni nel mondo reale e alla Teoria della Mente.⁴⁴ Al momento, è possibile identificare, principalmente due diverse tipologie di IA:

- Intelligenza artificiale stretta (*Artificial Narrow Intelligence* – ANI): è caratterizzata da una gamma ristretta di abilità e definita come "IA Debole". Attualmente è l'unico tipo di IA che l'uomo ha realizzato con successo. L'ANI è progettata sul conseguimento di obiettivi al fine di poter eseguire specifiche operazioni e raggiungere gli obiettivi per cui è stata costruita. Deriva dall'uso dell'elaborazione del linguaggio naturale (PNL) per eseguire l'attività. Comprendendo il parlato e il testo in linguaggio naturale, l'IA è programmata per interagire con gli esseri umani in modo naturale e personalizzato. Il ChatBot ne è un esempio. Da ciò ne consegue che l'ANI non è cosciente, senziente o guidata dall'emozione ed opera in un intervallo di parametri predeterminato e ben predefinito. Questa forma di IA è estremamente utile e può essere utilizzata per svariate funzioni, dalla creazione di opere d'arte a processi sanitari complessi quali, ad esempio, la diagnosi del cancro⁴⁵;

⁴² Nielsen, Michael, (2019), *Neural Networks and Deep Learning*, consultato il 4 marzo 2023 (<http://neuralnetworksanddeeplearning.com>); Geron, Aurelien, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*, O'Reilly Media Inc., California, 2022.

⁴³ *Ibidem*.

⁴⁴ L'espressione "Teoria della Mente" si riferisce a un'abilità psicologica fondamentale per la vita sociale: la capacità di capire e prevedere il comportamento sulla base della comprensione degli stati mentali (intenzioni, emozioni, desideri, credenze) propri e altrui. La teoria della mente è un concetto che deriva dalla psicologia e dalle neuroscienze cognitive. Non esiste un autore o un testo specifico da cui derivi la teoria della mente, ma si tratta di un concetto che è stato oggetto di numerosi studi e ricerche da parte di diversi esperti in queste discipline. Tuttavia, uno dei primi autori a introdurre il concetto di teoria della mente nella psicologia evolutiva è stato D. Premack - *Infant chimpanzee's concept of others' intentions: A preliminary report, Developmental Psychology*, 1978. In seguito, altri autori hanno contribuito allo sviluppo e alla definizione della teoria della mente, tra cui S. Baron-Cohen, U. Frith e A. Leslie.

⁴⁵ Donovan, Alexander, (2020) *Tech Leaders Have Strong Opinions on Artificial Intelligence*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://interestingengineering.com/innovation/tech-leaders-have-strong-opinions-on-artificial-intelligence>).

- Intelligenza generale artificiale (*Artificial General Intelligence* – AGI): detta anche “IA forte” o “Intelligenza Artificiale Profonda”, è una tecnologia progettata per imitare l’intelligenza e i comportamenti umani, con la capacità di apprendere e applicare la sua intelligenza per risolvere qualsiasi problema. L’AGI può pensare, capire e agire allo stesso modo dell’essere umano. Tuttavia, ad oggi, non si è ancora raggiunto un’IA forte, questa impiegherà un *framework* concettuale basato sulla teoria della mente, non replicando o simulando tuttavia il pensiero umano.

In generale, la maggior parte degli esperti concorda sul fatto che l’IA debole sia già presente in molti campi e continui a svilupparsi alacramente, mentre l’IA forte rimanga un obiettivo lontano e incerto.

Sussiste, inoltre, una terza tipologia: la Superintelligenza artificiale (*Artificial Super Intelligence* – ASI). Benché con caratteristiche prettamente ipotetiche, non si limita a imitare o comprendere l’intelligenza e il comportamento umano ma tende a comprendere dapprima i comportamenti umani per poi superare le sue capacità intellettive. L’ASI nasce per avere una memoria maggiore dell’uomo e una capacità più rapida di elaborare e analizzare dati e stimoli. Di conseguenza e ipoteticamente, le applicazioni di tale IA sarebbero di gran lunga superiori a quelle degli esseri umani con le conseguenti criticità sugli impatti che tale tecnologia avrebbe in termini etici e normativi.

3. Applicazioni

Gli ambiti applicativi dell’IA sono innumerevoli e in continua espansione. Molti di questi hanno un impatto considerevole sulle attività delle imprese, delle pubbliche amministrazioni e dei privati cittadini. Lo sviluppo dell’IA è affidato in larga parte al settore privato. Nel 2021 l’ammontare degli investimenti privati⁴⁶ a livello globale è stato di circa 93,5 miliardi di dollari, più del doppio del totale investimento nel 2020⁴⁷, mentre i ricavi globali per il mercato dell’IA sono stati di 383,3 miliardi di dollari, facendo segnare un aumento del 20,7% rispetto all’anno precedente e mantenendo un tasso di crescita annuo costante nelle previsioni per il quinquennio successivo⁴⁸. Ciò implica che la diffusione nei diversi ambiti applicativi dipende fortemente dai margini di profitto dei prodotti.

Il processo di diffusione dell’IA non appare quindi destinato a manifestarsi in tutti gli ambiti alla stessa velocità, ma sostanzialmente dipende dal valore attribuito all’innovazione da parte delle aziende e dai costi necessari per rendere intelligenti prodotti e processi

⁴⁶ Effettuato da agenti che non appartengono al settore pubblico.

⁴⁷ *Artificial Intelligence Index Report 2022*.

⁴⁸ *International Data Corporation (IDC) Worldwide Semiannual Artificial Intelligence Tracker*, gennaio 2022.

aziendali. Le aziende che riconoscono il valore dell'IA e dell'automazione sono portate, infatti, ad investire in queste soluzioni sia per migliorare la propria produttività e competitività, sia per ampliare il proprio mercato, mentre i costi necessari per rendere intelligenti prodotti e processi aziendali troppo elevati possono rappresentare un disincentivo all'investimento.

La diffusione dell'IA dipende anche dalla disponibilità di soluzioni tecnologiche avanzate e dai costi di implementazione associati. Quando le soluzioni tecnologiche avanzate non sono disponibili, o sono troppo costose, le aziende potrebbero non essere in grado di investire. Tuttavia, lo sviluppo delle tecnologie intelligenti, come il *machine learning* e l'analisi dei dati, ha reso disponibili queste soluzioni per una maggiore gamma di applicazioni, rendendo possibile la diffusione di soluzioni intelligenti in molti settori. L'aumento della concorrenza tra i fornitori di soluzioni tecnologiche ha ridotto, inoltre, i costi necessari per implementare soluzioni intelligenti, rendendole più accessibili per molte aziende.

a) Aree di applicazione⁴⁹

Le applicazioni dell'IA possono essere raggruppate in base alla finalità di utilizzo. L'Osservatorio di *Artificial Intelligence*⁵⁰ del Politecnico di Milano ha individuato alcune tipologie attraverso l'analisi di circa 700 aziende italiane e straniere descritte di seguito.

- Sistemi di *Intelligent Data Processing*: sono algoritmi che analizzano dati specifici per estrapolare informazioni e compiere azioni in conseguenza. In questa categoria rientrano diversi utilizzi, come l'Analisi Predittiva, ovvero analisi di dati per fornire previsioni sull'andamento futuro di un determinato fenomeno, oppure il rilevamento di frodi cioè identificazione di elementi non conformi a un modello previsto. Rientrano in questa categoria gli strumenti utilizzati nel settore finanziario a supporto dei sistemi di *trading* algoritmico per l'assunzione di decisioni in tempo reale. Nel settore dei trasporti i sistemi di pianificazione della rotta ottimizzano i percorsi riducendo i costi. Nella gestione del traffico aiutano a prevenire i rallentamenti e

⁴⁹ Stuart, Russell e Peter, Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach by AI For Everyone*, Pearson, Torino, 2021; Andriy, Burkov, *The Hundred-Page Machine Learning Book*, nd., 2019.

⁵⁰ L'osservatorio è stato istituito nel 2018 dal Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria (DEIB) del Politecnico di Milano ed è focalizzato sull'analisi dello sviluppo e dell'impatto dell'intelligenza artificiale sulle imprese, la società e l'occupazione. Lo stesso si concentra sulla ricerca e l'analisi dei *trend* dell'intelligenza artificiale, sia a livello nazionale che internazionale, e sullo sviluppo di progetti di ricerca e di divulgazione sul tema dell'AI. In particolare, l'osservatorio si occupa di analizzare il livello di adozione dell'AI nelle imprese, il suo impatto sulle attività produttive e sulle competenze richieste dal mercato del lavoro. Inoltre, l'Osservatorio di *Artificial Intelligence* del Politecnico di Milano collabora anche con altre istituzioni accademiche e organizzazioni, sia a livello nazionale che internazionale, per promuovere l'adozione responsabile e sostenibile dell'intelligenza artificiale.

migliorare la circolazione delle persone e delle merci. Nel *marketing* analizzano i dati sui consumatori personalizzando le campagne pubblicitarie in base ai loro interessi. Nel settore energetico viene ottimizzata la produzione e la gestione dei sistemi di distribuzione. Nel settore dell'educazione i sistemi di *e-learning* utilizzano i dati sugli interessi e sui progressi degli studenti per personalizzare il *curriculum* e fornire *feedback* in tempo reale;

- Sistemi di *Virtual Assistant/Chatbot*: sono agenti *software* in grado di eseguire azioni o erogare servizi per un individuo in base a comandi ricevuti in maniera vocale o testuale. Questi sistemi hanno assistito ad un notevole incremento del loro impiego negli ultimi anni e sono sempre più utilizzati nel *Customer Care* aziendale come primo livello di assistenza con il cliente (si contraddistinguono per la loro capacità di comprensione del tono del dialogo e di memorizzazione delle informazioni raccolte);
- I *Recommendation System*: sono sistemi progettati per indirizzare le scelte degli utenti in base ad informazioni da essi fornite in maniera diretta o indiretta. Tra le soluzioni più diffuse si individuano i sistemi utilizzati nel settore commerciale, che suggeriscono un acquisto in base a quelli precedenti, influenzando così il *customer journey*⁵¹ e, più in generale, il processo decisionale dell'utente. Ulteriori applicazioni si hanno nel settore della logistica e della *supply chain*, in particolare per la gestione dei flussi di merci. I sistemi di pianificazione della produzione vengono utilizzati, inoltre, dalle aziende per ottimizzare i processi produttivi, mentre i sistemi di tracciamento della *supply chain* possono aiutare a monitorare la posizione delle merci in tempo reale;
- Il *Natural Language Processing*: è il processo relativo all'informazione espressa nel linguaggio naturale. Si tratta di soluzioni che elaborano il linguaggio, con finalità che possono variare dalla comprensione del contenuto, alla traduzione, fino alla produzione di testo in modo autonomo a partire da dati o documenti forniti in *input*;
- Il *Computer Vision*: è il campo scientifico interdisciplinare che studia algoritmi e tecniche per permettere ai *computer* di raggiungere una comprensione di alto livello del contenuto di immagini o video. L'attenzione per la *Computer Vision* è cresciuta molto negli ultimi anni, grazie alla grande diffusione di immagini e video digitali e soprattutto all'avvento di tecniche di *Machine Learning*. Si tratta di soluzioni di

⁵¹ Per *Customer Journey* si intende il percorso che compie il cliente durante la relazione con un'azienda. Percorso che comprende sia le tappe *online* che quelle *offline*. Lo stesso non è altro che la storia del legame fra il cliente e l'azienda. Una storia che inizia nel momento in cui il cliente cerca un bene o servizio di un'azienda per soddisfare un proprio bisogno, e finisce con l'acquisto.

analisi di immagini, singole o in sequenza, orientate al riconoscimento di persone, animali e cose presenti all'interno dell'immagine stessa, al riconoscimento biometrico e in generale all'estrazione di informazioni dall'immagine. Questi sistemi si stanno diffondendo principalmente nel settore della sicurezza. I sistemi di riconoscimento facciale, ad esempio, vengono utilizzati per l'identificazione, per la prevenzione o per la repressione di attività criminose; altresì nell'ambito della videosorveglianza, dove l'analisi delle immagini è fondamentale per individuare eventuali situazioni anomale o di pericolo. Nel settore sanitario, inoltre, questo tipo di tecnologia è utilizzato quale supporto per l'identificazione delle patologie;

- *Autonomous Vehicle, Intelligent Object e Autonomos Robot*: consiste in forza lavoro in maniera automatizzata o/e autonoma. Gli *Autonomous Vehicle*, come ad esempio i mezzi di trasporto autoguidati, adibiti al trasporto di persone, animali o cose che possono essere destinati alla navigazione non solo su strada, ma anche marittima, fluviale e aerea. Al momento nel settore degli autoveicoli sono in atto progressi significativi per la guida autonoma associata agli aspetti di *car sharing*. Gli *Intelligent Object* ovvero oggetti in grado di compiere azioni senza l'intervento umano e di prendere decisioni in base alle condizioni dell'ambiente circostante. Tipo la valigia intelligente che, attraverso una connessione *bluetooth*, è in grado di individuare la posizione del proprietario tramite uno *smartphone*. Gli *Autonomos Robot*, cioè dei *robot* in grado di muoversi senza l'intervento umano, in base ad informazioni raccolte dall'ambiente circostante. A questa categoria appartengono sia soluzioni industriali, come i *robot* progettati per l'automazione dei processi produttivi e logistici, sia *robot* destinati al mercato civile, come gli assistenti alla vendita presenti all'interno di negozi per fornire informazioni ai clienti. Un Ulteriore esempio sono i *robot* chirurgici che utilizzano l'IA per eseguire procedure complesse con una maggiore precisione.

b) *Applicazione in ambito militare*

L'uso dell'IA nell'ambito militare può offrire molti vantaggi in termini di miglioramento dell'efficienza e dell'efficacia delle operazioni militari. Tuttavia, ci sono anche preoccupazioni legate alla sicurezza e all'etica dell'uso di armi autonome che utilizzano l'IA. Uno dei principali vantaggi dell'uso dell'IA è la possibilità di aumentare la precisione di armi come i droni dotati di sistemi di intelligenza artificiale che possono

individuare e selezionare bersagli con maggiore precisione rispetto a un operatore umano, riducendo il rischio di danni collaterali e migliorando l'efficacia dell'attacco.

I sistemi di sorveglianza e ricognizione che utilizzano l'IA possono aiutare i militari a individuare e monitorare i bersagli con maggiore precisione e rapidità rispetto ai metodi tradizionali. L'analisi dei dati provenienti da telecamere e sensori può essere automatizzata utilizzando tecniche di intelligenza artificiale, consentendo una valutazione più rapida e accurata della situazione. L'IA può essere, inoltre, utilizzata per aiutare i comandanti a prendere decisioni strategiche. I sistemi di pianificazione e decisionali possono utilizzare tecniche di intelligenza artificiale per analizzare i dati provenienti da fonti diverse e suggerire le migliori opzioni per allocare le risorse e prendere decisioni importanti. In aggiunta, l'IA può essere utilizzata per addestrare i soldati in modo più efficace in quanto rende i sistemi di addestramento capaci di simulare scenari di battaglia complessi e può aiutare i combattenti a sviluppare le competenze necessarie per affrontare situazioni di combattimento reali in modo più efficace.

Non mancano, tuttavia, implicazioni legali, ma anche etiche e filosofiche. Il crescente livello di autonomia muove alcune preoccupazioni che riguardano la responsabilità per le azioni dell'IA che potrebbero causare danni o indurre a prendere decisioni palesemente sbagliate con implicazioni negative. La mancanza di controllo umano su armi autonome equipaggiate con l'IA potrebbe portare a conseguenze indesiderate, come la designazione e l'attacco di bersagli errati con effetti collaterali o la perdita della gestione dell'arma stessa. L'uso discriminato dell'IA avrebbe la possibile conseguenza di creare disuguaglianza economica e sociale. Desto allarme, inoltre, l'aspetto relativo alla raccolta dei dati il cui maggior rischio è legato alla lesione della *privacy* e della sicurezza personale. Ci sono anche questioni sull'imprevedibilità e sulla pericolosità dei comportamenti che l'IA può sviluppare, nonché sulla definizione stessa dell'intelligenza e della coscienza. In merito, è necessario un dibattito continuo sulla regolamentazione e sull'uso etico dell'IA nell'ambito militare. È importante notare che lo sviluppo e l'uso dell'IA in campo militare è oggetto di studio per la definizione di trattati e accordi internazionali in materia di diritto umanitario come la Convenzione su alcune armi convenzionali (Convenzione di Vienna) per garantirne un utilizzo etico e responsabile. In particolare, la Convenzione di Vienna stabilisce che le armi non devono essere progettate o utilizzate in modo tale da causare danni indiscriminati o danni permanenti all'ambiente. Questo può essere applicato all'IA in campo militare,

poiché l'IA può essere utilizzata per prendere decisioni strategiche e per controllare armi autonome.

c) *Accountability quale elemento di criticità*

L'applicazione dell'IA nel settore militare sta divenendo sempre più diffusa. Tuttavia, l'impiego di sistemi autonomi e intelligenti nell'ambito dei conflitti, solleva importanti riflessioni di carattere etico e risvolti afferenti gli aspetti di sicurezza. Tra questi, la maggior rilevanza la assume la responsabilità (*accountability*) delle azioni compiute da tali sistemi nell'ambito della condotta delle operazioni militari.

Al riguardo, sotto il profilo del Diritto Internazionale (DI) e del Diritto Internazionale Umanitario (DIU), non è stato ancora sancito, nell'ambito di un conflitto armato, su chi ricada la responsabilità delle azioni compiute dai sistemi di IA. La stessa potrebbe essere attribuita a diverse figure, a seconda del ruolo che svolgono nella catena di Comando e Controllo (C2), nello sviluppo del sistema o nell'impiego dello stesso. Tuttavia, attribuire la responsabilità delle azioni compiute dai sistemi di IA non è sempre facile. A differenza degli esseri umani, i sistemi di IA non hanno un'intenzionalità propria e possono agire in modo imprevedibile o incoerente con gli obiettivi stabiliti. Gli stessi, peraltro, possono essere soggetti a interferenze esterne, in particolar modo nel dominio *cyber* e nell'ambiente elettromagnetico, o a malfunzionamenti imprevisti, rendendo ancora più difficile stabilire chi sia effettivamente responsabile per le azioni compiute. Per tale ragione, sarebbe auspicabile adottare una serie di misure preventive e correttive, la cui applicazione potrebbe essere estremamente complessa e difficoltosa, che tuttavia includano:

- un sistema di monitoraggio dei sistemi di IA: finalizzato ad identificare eventuali malfunzionamenti o comportamenti anomali;
- protocolli di sicurezza ed emergenza: da attivare in caso di malfunzionamenti o di attacchi informatici. Questi dovrebbero prevedere un sistema di ripristino rapido e affidabile dei sistemi di IA al fine di minimizzare i rischi per le operazioni militari e per la sicurezza delle truppe;
- regole e procedure per l'impiego dei sistemi di IA, al fine di evitare l'adozione di decisioni autonome degli stessi in talune circostanze. Ricorrendo, in ambito internazionale, a posizioni condivise e approvate da tutti gli Stati e le relative Forze Armate, al fine di garantire una maggiore trasparenza e responsabilità delle operazioni militari.

Per garantire un utilizzo responsabile e sicuro di tali tecnologie, appare necessario quindi adottare una serie di misure preventive e correttive che possano minimizzare i rischi per le operazioni militari e per la sicurezza delle unità. È importante considerare, pertanto, le implicazioni etiche e di sicurezza durante lo sviluppo e l'implementazione di tali sistemi al fine di garantire la responsabilità e la trasparenza nelle operazioni militari.

CAPITOLO 3 - IA E WARGAMING: UN CONNUBIO RIVOLUZIONARIO

Nei capitoli precedenti, sono stati forniti i lineamenti generali sul *wargame*, inteso come strumento di supporto ai processi decisionali, e sull'IA, intesa come un campo di ricerca che mira a riprodurre i processi comportamentali umani, evidenziando come questi due strumenti trovino applicazione negli ambiti e nei contesti più disparati.

Nel presente Capitolo, saranno analizzate le possibili interazioni tra *wargame* e IA, cercando di mettere in evidenza la relazione biunivoca esistente tra essi. Se da un lato l'IA può contribuire al potenziamento del *wargame*, facilitando la creazione di scenari sempre più realistici e un'analisi di dati ed informazioni sempre più rapida, dall'altro il *wargame* può fornire importantissime informazioni sulle implicazioni dell'impiego dell'IA, contribuendo a mettere in evidenza rischi e limitazioni.

In particolare, una panoramica sul *Joint Warfare System* (JWARS) fornirà un'idea delle potenzialità dell'integrazione tra IA e *wargame*; d'altro canto, l'analisi di un esperimento recentemente condotto dalla *RAND Corporation* consentirà di comprendere come il *wargame*, indipendentemente dall'*hardware* utilizzato, possa costituire un metodo per prevedere i limiti e le implicazioni insite nel sempre maggiore ricorso all'IA che, verosimilmente, caratterizzerà gli anni a venire.

1. Le potenzialità dell'IA applicata al Wargaming

I recenti progressi nella tecnologia dell'IA rappresentano un fattore abilitante fondamentale per il passaggio dall'automazione alla piena autonomia⁵² con enormi potenzialità nell'ambito del *wargame* militare. Una piena automazione consentirebbe infatti di testare la pianificazione operativa attraverso simulazioni realistiche e sofisticate, analizzare i risultati, migliorare il processo decisionale, testare nuove strategie e tecnologie nonché valutare gli impatti delle scelte effettuate a vari livelli decisionali in situazioni di crisi⁵³. Questo prevedrebbe il ricorso a:

- agenti autonomi, in grado di simulare il comportamento di assetti reali, come carri armati, aerei o navi, programmabili per seguire una serie di regole e rispondere a diverse situazioni in modo realistico;

⁵² Bhuta, Nehak, et.al., *Autonomous Weapons Systems: Law, Ethics, Policy*, Cambridge University Press, Cambridge, 2016.

⁵³ Davide, Paul K., e Bracken, Paul, *Artificial intelligence for wargaming and modeling*, *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, n. 1–16, SAGE, 2022; Jensen, Benjamin, Cuomo, Scott e White, Chris, (2018), *Wargaming with ATHENA: how to make militaries smarter, faster, and more efficient with Artificial Intelligence*, consultato il 4 marzo 2023, (<https://warontherocks.com/2018/06/wargaming-with-athena-how-to-make-militaries-smarter-faster-and-more-efficient-with-artificial-intelligence/>).

- strumenti che consentano l'analisi dei dati, l'apprendimento automatico e l'identificazione di tendenze, al fine di migliorare il processo decisionale;
- sistemi in grado di regolare il livello di difficoltà e complessità del *wargame* in base alle prestazioni dei singoli giocatori, al fine di condurre un allenamento adattivo che fornisca ai giocatori gli stimoli necessari per un continuo apprendimento.

Una simile evoluzione consentirebbe di potenziare gli strumenti decisionali utilizzabili in situazioni caratterizzate da un alto grado di incertezza. La creazione di algoritmi per la generazione di scenari di gioco, la simulazione di comportamenti umani, la pianificazione e l'ottimizzazione delle strategie di gioco e la valutazione dei risultati ottenuti attraverso l'analisi di grandi quantità di dati, consentiranno di raggiungere la piena integrazione anche in altri ambiti e settori della società civile, tra i quali:

- la medicina, per supportare la diagnostica sanitaria, prevedendo il rischio di malattie e personalizzando i trattamenti in base alle caratteristiche del paziente;
- i trasporti, per migliorare la sicurezza stradale, ottimizzando le rotte di trasporto e supportando la guida autonoma;
- la gestione delle risorse energetiche, per la gestione delle reti, ottimizzando la produzione tramite fonti rinnovabili e riducendo i consumi;
- la finanza, per l'analisi dei dati di mercato, la prevenzione delle frodi, il supporto alle decisioni di investimento e la gestione del rischio;
- l'educazione e la ricerca, per l'insegnamento e l'apprendimento di diverse discipline scientifiche così come delle scienze sociali;
- lo sport, per analizzare le prestazioni degli atleti, migliorando la pianificazione delle strategie di gioco;
- le attività aziendali, per migliorare la gestione, automatizzando i processi produttivi, analizzando i dati e supportando la pianificazione strategica.

La qualità dei risultati ottenuti tramite l'utilizzo dell'IA dipenderà strettamente dalla qualità dei dati di *input*, dal modello di IA e dall'algoritmo utilizzato. I recenti sviluppi nell'apprendimento automatico, nell'acquisizione ed elaborazione dei *big data* e nelle unità di elaborazione grafica, hanno permesso all'IA, intesa per lo più come ANI finalizzata all'esecuzione di una singola o limitata attività, di compiere notevoli progressi nell'affrontare giochi complessi con algoritmi di pianificazione anticipata, come dimostrato dal successo del *Deep Reinforcement Learning* (Deep RL).

2. L'IA impara giocando

Per poter attuare in autonomia le attività nell'ambito del *wargame* rendendolo maggiormente realistico, l'IA che viene applicata deve essere progettata con algoritmi basati su informazioni e logiche simili a quelle di una mente umana. L'IA ha la necessità di acquisire, pertanto, sia le capacità e le conoscenze sia le logiche dei comportamenti umani e dei processi mentali che si attivano nel prendere una decisione ovvero nel reagire/rispondere ad uno stimolo esterno. Per poter fare ciò, si sta procedendo attraverso l'utilizzo dei giochi, "*analytical*" e "*reliability*", che sono alla base di tale progettazione.

Nell'ambito del settore dei giochi, esistono numerose classificazioni attuate in base a diversi aspetti tra cui la scelta della piattaforma di gioco, definita come il mezzo attraverso cui il gioco viene svolto e che comporta una suddivisione in due principali categorie: giochi digitali e non digitali⁵⁴. La scelta della piattaforma dipende dagli obiettivi analitici e dalle esigenze specifiche, oltre che dalle finalità di apprendimento dell'IA che imparerà cose diverse a seconda delle caratteristiche e finalità degli stessi. Durante l'esecuzione, infatti, l'IA accrescerà le proprie capacità, *expertise* e conoscenze, nonché assimilerà i modi di ragionare, di decidere e i comportamenti adottati dai giocatori durante il *game* orientando le proprie caratteristiche a quelle proprie di un AGI⁵⁵.

Di seguito, vedremo alcune tipologie utili a tale scopo:

- gli Analytical Games: sono giochi progettati per migliorare le abilità analitiche e di problem solving, mediante situazioni di gioco basate sull'analisi dei dati, la comprensione dei modelli e la soluzione di problemi complessi. Una categoria specifica sono i "Giochi Analitici di Acquisizione della Conoscenza" (Knowledge Acquisition and Analytical Games – K2AG)⁵⁶, sviluppati per la progettazione di sistemi cognitivi che forniscono supporto decisionale. In particolare, questi giochi utilizzano una combinazione di meccaniche ed elementi di gioco (come schede di conoscenza) per fornire informazioni ai giocatori nonché per registrare dati che consentono di elaborare schemi di ragionamento umano e strategie di gestione dell'incertezza fondamentali per la progettazione di algoritmi di IA. In particolare, i K2AG indagano sul processo decisionale, con particolare attenzione alle strategie di elaborazione delle informazioni, al ragionamento incerto e al ciclo decisionale, vale a dire la valutazione situazionale, la

⁵⁴ Rollings, Andrew e Adams, Ernest, *Fundamentals of game design*, Pearson, Torino, 2018.

⁵⁵ Come esplicitato nel par. 2 del cap. 2.

⁵⁶ de Rosa, Francesca, *Knowledge acquisition analytical games: games for cognitive systems design*, Ph.D. dissertation, University of Genoa, Italy, 2020.

consapevolezza situazionale e la decisione⁵⁷. Diverse tipologie di K2AG sono state sviluppate e implementate con successo negli ultimi anni, come il Risk Game⁵⁸, il MARitime Surveillance knowledge Acquisition (MARISA) Game⁵⁹, il Maritime Unmanned System Trust (MUST) Game⁶⁰ e, in particolare, i Reliability Game⁶¹, che tratteremo di seguito in maniera specifica;

- I Reliability Games: sono giochi progettati per testare e migliorare la sicurezza e la resilienza di sistemi complessi, come centrali nucleari, aeroporti, reti di trasporto, impianti di produzione e sistemi di sicurezza informatica. Questi giochi consentono di simulare situazioni di emergenza o di crisi e di testare la capacità dei sistemi di rispondere in modo affidabile e tempestivo, esplorando il ragionamento legato all'incertezza delle informazioni provenienti da fonti differenti, per tipologia e qualità. L'aspetto cruciale di cui tiene conto questo gioco è, quindi, quello relativo all'affidabilità della fonte di informazione e all'impatto che essa ha sulla percezione umana. L'analisi di tale comportamento consentirà di fornire un input alla progettazione di ragionatori automatici/autonomi da incorporare in sistemi di fusione multi-fonte. Questi giochi sono pensati per acquisire informazioni sulle variazioni delle credenze dei giocatori riguardo ai fattori di origine, in particolare sul tipo e qualità della fonte. In particolare, le variazioni vengono palesate ed analizzate facendo giocare più partite nello stesso scenario ma cambiando solo le fonti delle informazioni, in modo da valutare le variazioni nei comportamenti dei giocatori al variare delle fonti e della loro affidabilità.

3. Sviluppo tecnologico raggiunto

Definite le caratteristiche peculiari dei giochi impiegati per l'implementazione dell'IA, si cercherà di inquadrare il livello di integrazione e interazione attualmente raggiunto tra IA e *wargame*, attraverso l'applicazione della tecnologia alle tecniche di simulazione⁶². In ambito

⁵⁷ Endsley, Mika, *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*, *Human Factors*, vol. 37, n. 1, 1995, pp. 32–64.

⁵⁸ Joussemme, Anne-Laure, Pallotta, Giuliana, Locke, John, *Risk Game: Capturing impact of information quality on human belief assessment and decision making*, *International Journal of Serious Games*, vol. 5, n. 4, 2018, pp. 23–44.

⁵⁹ de Rosa, Francesca e De Gloria, Alessandro, *An analytical game for knowledge acquisition for maritime behavioral analysis systems*, *Applied Science*, vol. 10, no. 2, 2020, p. 591.

⁶⁰ de Rosa, Francesca, *Lessons learned from Autonomous ASW TTX*. NATO Science & Technology Organisation, Centre for Maritime Research and Experimentation, in press, no. MR.2020.013.

⁶¹ de Rosa, Francesca, Joussemme, Anne-Laure e De Gloria, Alessandro *A Reliability Game for source factors and situational awareness experimentation*, *International Journal of Serious Games*, vol. 5, no. 2, 2018, pp. 45–64; de Rosa, Francesca, De Gloria, Alessandro e Joussemme, Anne-Laure, "Analytical Games for Knowledge Engineering of Expert Systems in Support to Situational Awareness: the Reliability Game case study," *Expert Systems with Applications*, vol. 138, 2019, pp. 112 800–112 811.

⁶² *Allied Administrative Publication (AAP) – 06*, NATO Glossary of Terms and Definition, definisce il *wargame* come: "A simulation of a military operation in which participants seek to achieve a specified objective, given pre-established resources and constraints", Ed. 2021.

militare, sono diversi i settori nei quali l'impiego dell'IA sta assumendo particolare rilevanza. Nel contesto della simulazione di combattimento aereo, ad esempio, l'*US Air Force*, mediante lo sviluppo di tecnologie capaci di ricorrere all'apprendimento automatico, sta testando l'addestramento dei piloti (sistema "*Alpha Dogfight*")⁶³. Allo stesso modo, il Centro di Ricerca e Sviluppo Aerodinamico del *People Liberation Army* (PLA) cinese ha recentemente pubblicato uno studio, condotto dal Prof. Huang Juntao, relativo al combattimento aereo reale tra essere umano e IA (durante il quale quest'ultima ha avuto la meglio nell'ambito della competizione in soli 90 secondi) asserendo che:

*"L'IA può prevedere con maggiore precisione lo sviluppo della battaglia per prendere l'iniziativa nel confronto. L'era del combattimento aereo in cui l'intelligenza artificiale sarà il re è già all'orizzonte"*⁶⁴.

Allo stesso modo, anche nel dominio marittimo, lo sviluppo di *Unmanned Underwater Vehicle*⁶⁵ (UUV), equipaggiati con IA, sta portando a una variazione nel modo in cui gli strumenti militari occidentali, insieme a quelli dei loro *peer e near peer competitor*, conducono le operazioni di *Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance* (ISR) prodromiche alla conduzione di attacchi. Infine, anche lo *US Army* sta utilizzando sistemi di addestramento basati su IA e *Virtual Reality* (VR) per addestrare i soldati a situazioni di combattimento reali⁶⁶.

Parimenti, esistono molteplici esempi di integrazione tra IA e *wargame* nello svolgimento delle attività condotte nella società civile. Nell'ambito sanitario, il sistema "*Watson for Oncology*"⁶⁷ sviluppato da IBM in collaborazione con il *Memorial Sloan Kettering Cancer Center* di New York, supporta i medici nella selezione dei trattamenti per i pazienti affetti da cancro. Lo stesso, utilizzando l'apprendimento automatico e l'analisi dei dati, rilascia raccomandazioni di trattamento personalizzate basate sulle informazioni mediche dei singoli pazienti. Il sistema fornisce, inoltre, informazioni dettagliate sulla base scientifica delle raccomandazioni fornite, in modo che i medici possano comprendere i motivi delle

⁶³ *Defence Advance Research Project Agency* (DARPA), *AlphaDogfight Trials Foreshadow Future of Human-Machine Symbiosis*, 2020. (Cfr. <https://www.darpa.mil/news-events/2020-08-26>).

⁶⁴ Privitera, Salvo, (2023), *L'IA ha umiliato un pilota di caccia in un duello aereo in soli 90 secondi*, consultato il 10 marzo 2023 (<https://tech.everyeye.it/amp/notizie/ia-umiliato-pilota-caccia-duello-aereo-soli-90-secondi-638396.html>).

⁶⁵ Baron, Kevin, (2021), *The Navy's New Drone Swarm Heralds a Future of Autonomous Warfare*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.defenseone.com/technology/2018/12/navys-new-drone-swarm-heralds-future-autonomous-warfare/153198>) e descrizione del UUV (<https://www.aniwaa.com/product/drones/aquabotix-swarmdive/>).

⁶⁶ South, Todd, (2021), *How the Army wants to use artificial intelligence to hit targets*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.c4isrnet.com/search/Army%20Artificial%20intelligence/>).

⁶⁷ Zhou, Zhiying, (2021), *A meta-analysis of Watson for Oncology in clinical application*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33707577/>).

stesse. Nell'ambito dei trasporti, la società di *ride-sharing* Uber utilizza l'IA e il *wargame* per prevedere la domanda dei propri servizi, le aree di maggiore richiesta e determinare il prezzo migliore per ogni viaggio al fine di massimizzare i profitti. Il sistema di previsione della domanda di Uber si basa sull'analisi dei dati storici dei viaggi, delle condizioni meteorologiche, degli eventi locali e di altri fattori che influenzano la domanda. Il sistema utilizza l'apprendimento automatico per identificare i *pattern* e le tendenze nei dati storici ed elaborare previsioni⁶⁸. In ambito finanziario, la società di gestione degli investimenti Wealthfront impiega l'IA e il *wargame* per supportare le proprie attività di consulenza. In particolare, l'IA viene utilizzata per analizzare le informazioni dei clienti, tra cui informazioni sul reddito, obiettivi finanziari e profilo di rischio fornendo raccomandazioni di investimento personalizzate. La tecnica del *wargame* viene impiegata per valutare il comportamento dei clienti in diversi scenari di investimento, permettendo agli stessi di testare le proprie strategie di investimento aiutandoli a comprendere il loro profilo di rischio⁶⁹.

L'impiego di IA e *wargame* riveste particolare interesse anche in supporto al "*red teaming*" intesa quale metodologia di analisi e valutazione dei processi, prevalentemente aziendali, utili all'effettuazione di una revisione critica di un sistema, processo o prodotto dal punto di vista di un'entità esterna (un ipotetico avversario), aiutando ad identificare le vulnerabilità di un sistema o processo, migliorando la capacità di anticipare e gestire eventuali minacce⁷⁰.

Infine, come già trattato nei paragrafi precedenti, il settore della videoludica riveste un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'integrazione tra IA e *wargame*, con l'obiettivo di conseguire un sempre maggior grado di autonomia. Sebbene gran parte della ricerca sulle applicazioni dell'IA nei giochi sia stata condotta nell'ambito commerciale, ciò ha portato ad accumulare una vasta quantità di conoscenze sull'argomento. Tuttavia, gli esperti del settore hanno messo in guardia circa l'utilizzo di *routine* completamente automatizzate e basate su vecchi approcci che sono state integrate nella maggior parte dei giochi commerciali. In ogni caso, come anticipato, i progressi raggiunti nell'uso di tecniche più avanzate, come le reti neurali, hanno spinto l'IA dei videogiochi verso una valutazione del

⁶⁸ AA.VV., (2018), *How Uber uses Machine Learning to Predict Rider Demand and Improve the Customer Experience*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://medium.com/tech-at-uber/how-uber-uses-machine-learning-to-predict-rider-demand-and-improve-the-customer-experiencee-5b6a709383e3>); AA.VV., (2018), *Towards Data Science, Uber's Approach to Machine Learning — A Practical Walkthrough Part 4*, consultato 4 marzo 2023 (<https://towardsdatascience.com/ubers-approach-to-machine-learning-a-practical-walkthrough-part-4-different-approaches-to-ccf09a769d31>).

⁶⁹ Nash, Adam, (2016) *Introducing Wealthfront 3.0*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.wealthfront.com/blog/introducing-new-dashboard/>).

⁷⁰ Zenko, Micah, *Red Team: How to Succeed by Thinking Like the Enemy*, Brilliance Aud., 2015.

suo potenziale nella modellizzazione dell'esperienza del giocatore, nella generazione di contenuti procedurali e nell'analisi dei dati sul comportamento degli utenti.

4. L'IA in ambito difesa: livello di sviluppo internazionale

Il *wargame* militare, come evidenziato, è diventato un campo chiave di applicazione dell'IA che spinge diverse nazioni ad investire ingenti risorse per sviluppare programmi e progetti di intelligenza artificiale utilizzati per creare scenari più realistici e complessi, nonché per automatizzare alcune attività che altrimenti sarebbero troppo lunghe e difficili da svolgere manualmente.

a) Stati Uniti d'America

Il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti ha recentemente avviato il progetto "*Project Maven*"⁷¹ che utilizza l'IA per analizzare i dati raccolti dalle immagini aeree per identificare i bersagli militari. L'*United States Air Force* (USAF) sta utilizzando, inoltre, l'IA per creare un sistema di simulazione di volo più avanzato, che permette ai piloti di addestrarsi in modo più efficiente e realistico. Un esempio di programma di IA per il *wargame* militare è l'*AGI-powered Wargaming System* (AWS) della *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) degli Stati Uniti⁷². Questo sistema utilizza l'IA per elaborare modelli di combattimento più precisi e complessi, oltre che per valutare le decisioni prese durante le simulazioni. L'*Air Force Research Laboratory* ha assegnato a *BAE Systems* un contratto da 17 milioni di dollari per introdurre l'intelligenza artificiale (AI) in un ambiente di gioco, come parte del programma "*Fight Tonight*", per fornire ai pianificatori delle operazioni aeree la possibilità di pianificare più rapidamente complesse operazioni di attacco aereo attraverso un'applicazione capace di generare e rivedere rapidamente più piani e selezionarne i più solidi"⁷³. *BAE Systems* ha ricevuto, inoltre, un contratto dal Corpo dei Marines degli Stati Uniti (USMC) del valore di circa 19 milioni di dollari per costruire un prototipo di un nuovo Centro di *Wargaming* all'avanguardia presso la Base del Corpo dei Marines di Quantico in Virginia. Nel prototipo, *BAE Systems* integrerà tecnologie avanzate, tra cui intelligenza artificiale, apprendimento automatico, teoria dei giochi, modellazione e simulazione multi-

⁷¹ Mc Leary, Paul, (2018), *Pentagon's Big AI Program, Maven, Already Hunts Data in Middle East, Africa*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://breakingdefense.com/2018/05/pentagons-big-ai-program-maven-already-hunts-data-in-middle-east-africa/>)

⁷² *Ibidem*.

⁷³ Taylor, Damian, (2022), *AI gaming to assist U.S. Air Force commanders with air attack planning*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://militaryembedded.com/ai/big-data/ai-gaming-to-assist-us-air-force-commanders-with-air-attack-planning>).

dominio e analisi predittiva dei dati, allo scopo di fornire maggiori metriche e formazione su molti processi di *wargaming*⁷⁴.

b) *Cina*

La Cina sta investendo molto nell'IA per la Difesa e sta lavorando, attraverso diverse società militari come la *China North Industries Group Corporation*, su una serie di programmi di intelligenza artificiale da applicare al *wargaming* militare per simulare combattimenti su larga scala. L'Accademia delle scienze militari⁷⁵ sta sviluppando e testando il suo sistema di *wargame* con IA applicata, che utilizza la tecnologia di apprendimento automatico per creare scenari di combattimento maggiormente realistici ed ha già dimostrato di essere in grado di prevedere con successo le evoluzioni future delle operazioni militari.

c) *Russia*

La Russia ha in corso una serie di programmi per migliorare la simulazione di guerre e conflitti mediante l'applicazione dell'IA al *wargame* militare⁷⁶. La società di difesa russa, *Kalashnikov*⁷⁷, sta sviluppando un sistema di intelligenza artificiale che sarà in grado di simulare i combattimenti su larga scala in tempo reale, mentre l'Accademia delle scienze militari russa sta lavorando a un sistema di *wargame* chiamato "*Ratnik*"⁷⁸ che utilizza l'IA per ricreare simulazioni di combattimento più complesse e valutare la preparazione delle forze armate russe.

Infine, altri Paesi stanno effettuando diversi studi ed impiegando cospicue risorse per l'implementazione di programmi e sistemi di intelligenza artificiale da applicare al *wargaming* allo scopo di simulare combattimenti⁷⁹ su larga scala, analizzare i dati raccolti dalle immagini aeree, identificare i bersagli e addestrare i soldati, tra questi compaiono la Germania, tramite la società *Rheinmetall Defence*, il Regno Unito, tramite il Ministero della Difesa, la Francia, tramite la società di difesa *Thales*⁸⁰, l'Italia

⁷⁴ Helfrich, Erik, (2020), *Wargaming center prototype in development for USMC*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://militaryembedded.com/ai/big-data/wargaming-center-prototype-in-development-for-usmc>).

⁷⁵ *Chinese Academy of science*, consultato il 4 marzo 2023 (https://english.cas.cn/newsroom/research_news/202104/t20210419_194100.shtml).

⁷⁶ *TASS Russian News Agency*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://tass.com/defense/1437870>).

⁷⁷ *Kalshnikov Group*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.kalashnikov.com/>)

⁷⁸ *Weapons: Ratnik Keeps The Kalishnikov Alive*, Strategy Page, consultato il 4 marzo 2023 (<http://www.strategypage.com/%5Chtmlw%5Chtweap%5Carticles%5C20150223.aspx>).

⁷⁹ *Ministry of Defence*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.gov.uk/government/organisations/ministry-of-defence>).

⁸⁰ *Thales Data Threat Report*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.thalesgroup.com/>).

tramite l’Agenzia per lo Sviluppo dell’Intelligenza Artificiale⁸¹, il Giappone tramite la società di difesa Mitsubishi *Heavy Industries*⁸²

5. La combinazione IA-wargame nel settore militare⁸³

Prima di passare all’analisi di un caso concreto di applicazione dell’IA al *wargame*, si rende necessario descrivere le caratteristiche e le logiche dei programmi di *wargame* progettati per uso militare ed utilizzati ai fini dell’addestramento e della pianificazione delle operazioni. Questi programmi possono essere utilizzati per simulare scenari di guerra reali o immaginari e possono essere utilizzati per valutare le capacità delle forze armate e testare nuove strategie e tecnologie.

Alcuni esempi di programmi di *wargaming* militari analizzati sono riportati in tabella:

PROGRAMMA	PAESI/OI⁸⁴
<i>JWARS (Joint Warfare System)</i>	USA
<i>JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation)</i>	USA/UK
<i>WarGame-Modern Tactical Combat Simulator</i>	Francia
<i>VBS3 (Virtual Battlespace 3)</i>	USA/UK/ALTRI
<i>JTLS (Joint Theater Level Simulation)</i>	USA DoD
<i>VBS2 (Virtual Battlespace 2)</i>	USA / ALTRI
<i>FALCON (Fast, Adaptable, Large-scale CONstitution)</i>	USAF
<i>LVC-Game (Live, Virtual, Constructive Game)</i>	USA
<i>DSTARS (Dynamic Scenario Tactical and Response System)</i>	US-ARMY
<i>VPM (Virtual Prototyping and Modeling)</i>	NATO
<i>WARSIM (Wargame Simulator)</i>	Germania

TAB. 1 – Wargames.

Di seguito, sarà svolta un’analisi del JWARS al fine di comprenderne la vastità e la complessità dei *software* utilizzati per il *wargaming* e lo stato dell’arte sia dal punto di vista procedurale che dell’implementazione dell’IA ad essi applicata.

⁸¹ <https://www.sviluppoia.it/it>

⁸² Mitsubishi Heavy Industries (MHI), *Establish New Global Business Innovation Department, etc. To Strengthen Business Competitiveness in Home and Global Markets*, consultato il 4 marzo 2023 (<https://www.mhi.com/index.html>).

⁸³ Maxwell, Daniel, *An Overview of The Joint Warfare System (JWARS)*, MITRE Corporation, 2000, pp. 2-15.

⁸⁴ Organizzazioni Internazionali.

Il JWARS ha visto gli albori alla fine degli anni '90 a opera della *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), in *partnership* con lo *United States Marine Corps* (USMC) e la *United States Air Force* (USAF), ed è stato messo in funzione verso la fine degli anni '00. Lo scopo del JWARS è fornire una simulazione della *joint warfare* che supporti la pianificazione e l'esecuzione operativa, fornisca elementi per l'*assessment* delle forze, supporti analisi di commercio per acquisizione di nuovi sistemi d'arma e che supporti lo sviluppo di concetti e dottrine.

Attualmente, il JWARS è un sistema notevolmente complesso e all'avanguardia (*event-stepped*) sviluppato mediante strumenti di alta qualità di *Computer Aided Software Engineering* (CASE). Il linguaggio utilizzato per la sua programmazione, chiamato *Smalltalk*, descrive il comportamento e l'interazione delle forze militari nell'ambito *joint* a un livello di risoluzione mai raggiunto in precedenza, consentendo di rappresentare:

- uno spazio di battaglia tridimensionale;
- gli effetti del terreno e il meteo;
- le limitazioni logistiche che le forze militari possono incontrare durante un'operazione;
- la rappresentazione esplicita dei flussi di informazioni chiave;
- il comando e controllo.

Un simile livello di complessità richiede l'integrazione di diversi tipi di assetti militari nella simulazione e la disponibilità di una vasta quantità di dati, in tempo reale, molto precisi per poter funzionare correttamente ed essere capace di creare simulazioni realistiche.

Alcune delle caratteristiche dell'intelligenza artificiale utilizzata in JWARS includono:

- l'analisi dei dati: JWARS utilizza tecniche di analisi dei dati avanzate per raccogliere, elaborare e analizzare grandi quantità di dati provenienti da diverse fonti, tra cui sensori, sistemi di comunicazione e fonti di intelligence;
- la modellizzazione e la simulazione: JWARS utilizza modelli matematici e simulazioni per creare una rappresentazione virtuale realistica della situazione operativa. Questi modelli possono essere utilizzati per analizzare le prestazioni degli assetti militari, identificare le minacce e valutare le opzioni di azione;
- l'intelligenza artificiale distribuita: JWARS utilizza un'architettura distribuita per consentire a più sistemi di lavorare insieme in modo coordinato. Ciò consente di raccogliere e utilizzare informazioni da diverse fonti e di condividere le informazioni tra le diverse unità militari e le forze coinvolte;

Il sistema è composto dai seguenti tre domini (Fig.1) integrati in un singolo pacchetto eseguibile, ossia:

- il problem domain che fornisce il software per le funzionalità di combattimento;
- il simulation domain che fornisce il “motore” per la guida della simulazione nel tempo e la gestione dello spazio di battaglia tridimensionale – detto Ambiente Naturale Sintetico (SNE) - in cui esistono le entità di battaglia;
- il platform domain che fornisce l’hardware e l’interfaccia uomo-macchina (HCI).

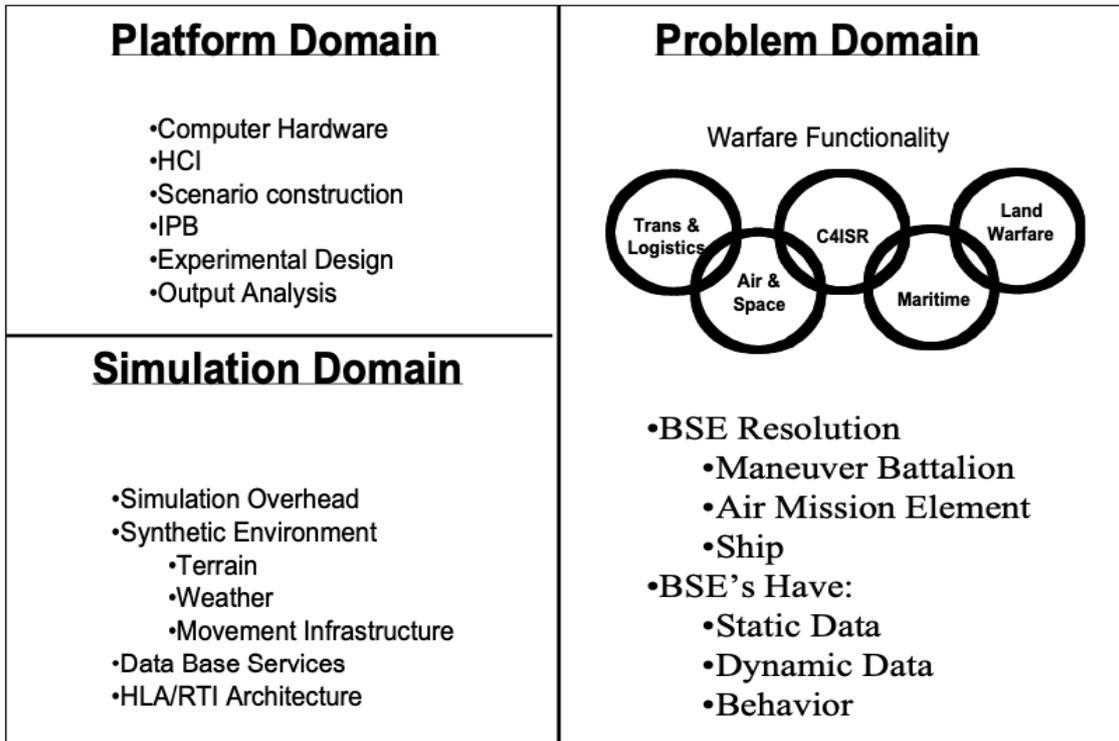


FIG. 1 - JWARS Domains.

Nell’ambito del *problem domain*, il blocco fondamentale preso come riferimento per rappresentare le forze militare e i sistemi nel JWARS è chiamato *Battle Space Entity* (BSE – Fig. 2) il cui livello nominale è:

- battalion (reggimento) per le unità di manovra;
- gruppi di volo per le operazioni aeree;
- navi per gli assetti marittimi;
- piattaforme individuali per i sistemi ISR critici (ad esempio JSTARS, U2);
- BSE speciali: porti, aeroporti, unità headquarters (a livello divisionale) e nuvole chimiche.

I BSE contengono sia dati statici che rappresentano valori che non cambiano come le limitazioni all’uso della forza a livello di unità o la gittata di un sistema missilistico, sia dati dinamici che possono cambiare nel tempo come ad esempio le forze dell’unità e la posizione. Tutti i BSE hanno una qualche capacità organica di comando e controllo (C2) la

cui complessità varia a seconda delle caratteristiche del BSE. Lo scenario di JWARS contiene un set di BSE per tutte le forze che verranno utilizzate ed i piani che i BSE cercheranno di attuare durante la simulazione.

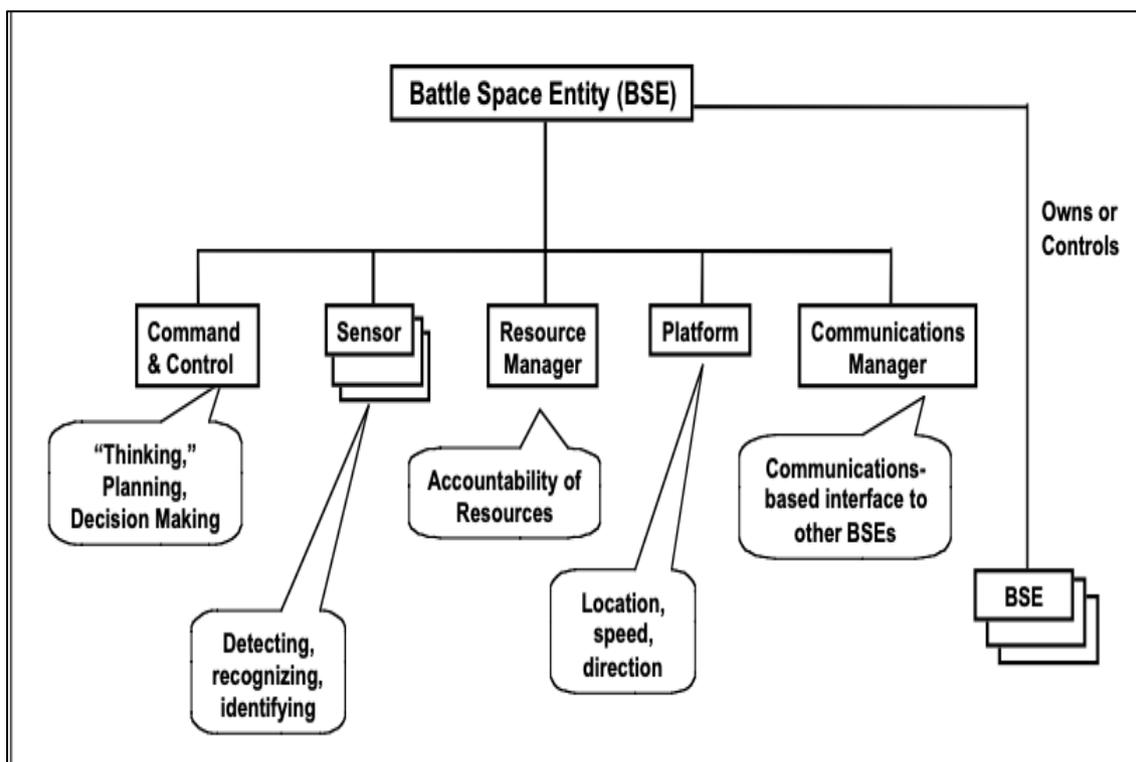


FIG. 2 - JWARS Battle Space Entity Components.

Un elemento estremamente importante e innovativo del JWARS è la cosiddetta “road to war” che prevede scenari che iniziano prima del combattimento vero e proprio consentendo la simulazione dello spostamento delle unità dalla loro posizione iniziale al teatro operativo. Questa rappresentazione integrata senza precedenti fornisce una visibilità fondamentale sull’importanza operativa delle tecnologie C4ISR, della logistica strategica e dei flussi alternativi delle forze.

L’interazione delle BSE in JWARS (ad esempio la rilevazione e l’attrito) è affidata ad un insieme eterogeneo di algoritmi (Fig. 3) la cui natura varia a seconda del tipo di effetto da simulare, dalla funzionalità nel modello con cui l’algoritmo è associato e dalla disponibilità di dati per popolare lo scenario.

La seguente figura fornisce una panoramica dei tipi di algoritmi e delle interazioni che affrontano.

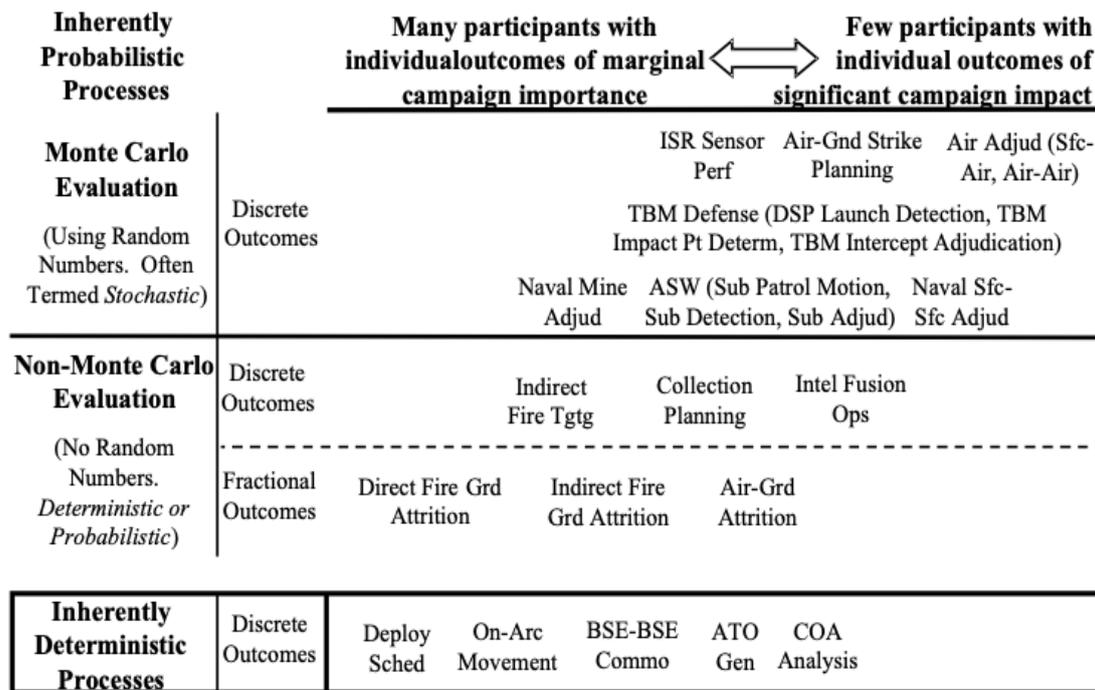


FIG. 3 - JWARS Algorithms.

Tutte le interazioni tra BSE e JWARS sono pianificate come eventi di simulazione. La rilevanza degli eventi singoli può variare da relativamente piccola (sul lato sinistro della figura) a molto significativa (sul lato destro). Gli algoritmi deterministici si occupano principalmente dell'attrito dell'equipaggiamento nelle unità terrestri. Singolarmente, questi tipi di eventi tendono ad avere un impatto relativamente piccolo su una campagna e vengono accumulati utilizzando risultati frazionari. Tuttavia, cumulativamente, questi eventi potrebbero combinarsi per avere un evento significativo (ad esempio "l'azione procede senza alcuna interruzione"). La fusione è modellata probabilisticamente usando tecniche bayesiane. All'estremo opposto dello spettro (sul lato destro della figura), gli eventi che hanno un impatto molto significativo sulle decisioni e sul successo a livello campagna sono valutati in modo stocastico. La complessa combinazione degli algoritmi consente di stabilire un "equilibrio" della simulazione dando anche la possibilità di riportare gli effetti di BSE diversi (fuoco indiretto vs. CAS).

JWARS è stato progettato *ab origine* per essere incentrato sulla C4ISR, pertanto, il comando e controllo delle unità di combattimento (BSE) si basa principalmente sulla verità percepita che non necessariamente rispecchia la verità effettiva sul terreno. Il flusso di informazioni in JWARS può essere visualizzato usando il paradigma dell'OODA *loop*.

La Fig.4 mostra i flussi di informazione che implementano il ciclo OODA nel sistema.

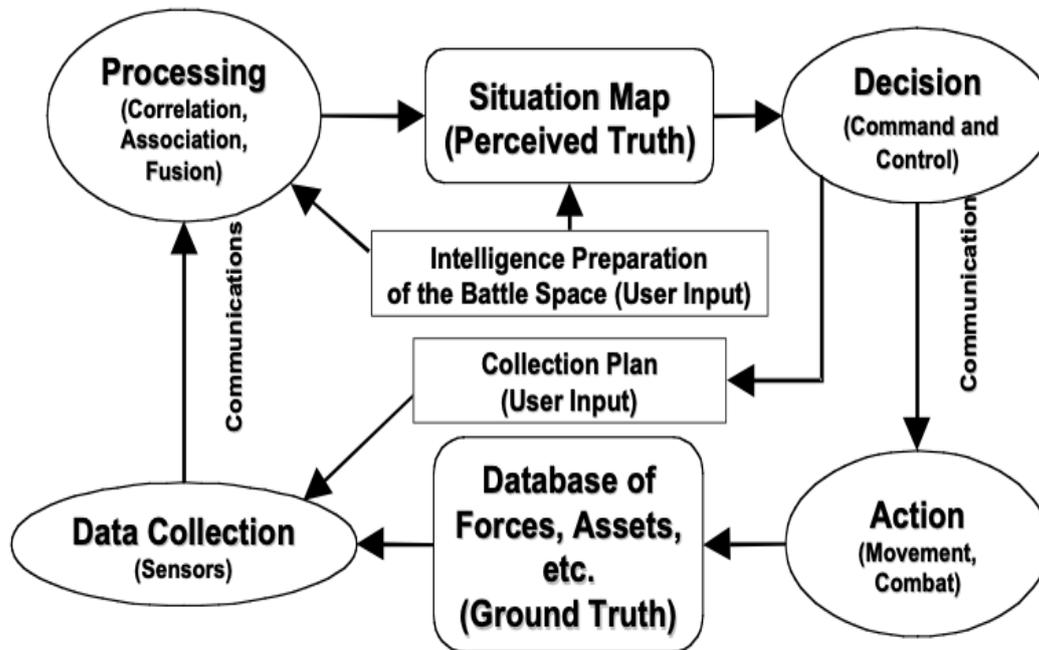


FIG. 4 - JWARS Logical Structure.

JWARS, come tutte le simulazioni, ha un'astrazione della realtà in cui deve svilupparsi lo scenario, costituita da un database in cui sono inseriti tutti i dati necessari per replicare l'avversario, ossia i dati che descrivono tutte le forze, i loro piani, i comportamenti possibili e l'ambiente in cui operano.

Come detto in precedenza, il JWARS segue un flusso che può essere assimilabile a quello del paradigma dell'OODA *loop*, in particolare:

- fase "Observe": i BSE utilizzano il loro set di sensori per raccogliere le informazioni sulla forza avversaria e per scambiarsi tra di loro le informazioni che vengono organizzate sotto forma di rapporti di situazione e risultati di giudizio e inviati, tramite una architettura di comunicazione, ad altri BSE (ad esempio il quartier generale del JTF) in linea con il concetto di operazioni del C2 che viene rappresentato. Nel campo delle comunicazioni, JWARS introduce l'elemento del ritardo la cui ampiezza varia in base ai tipi di reti a cui un BSE ha accesso, nonché al carico di background al momento in cui il messaggio viene inviato (congestione della rete);
- fase "Orient": corrisponde ai nodi di elaborazione e ai nodi di verità percepita che rappresentano l'attività necessaria per formulare la percezione di un comandante. JWARS utilizza un insieme di algoritmi di corrispondenza di pattern e di fusione che combinano i nuovi rapporti con la percezione precedente, introducendo anche un ritardo di elaborazione, sfruttamento e diffusione (PEDS);

- fase “Decide”: il nodo di decisione rappresenta il C2 JWARS e viene implementato in diverse modalità. In primo luogo, gli utenti inseriscono i piani per le forze di entrambi gli schieramenti, ad esempio attraverso una matrice di esecuzione visibile con l’HCI (Human-Computer Interface) che serve come modello di supporto decisionale del comandante. JWARS utilizza questi modelli durante l’esecuzione della simulazione per prendere decisioni a livello elevato in base alla situazione attuale⁸⁵. In secondo luogo, ci sono meccanismi che agiscono in tempo reale per far prendere decisioni come, ad esempio, il “rule processor”, un meccanismo che consente di modificare i parametri delle variabili chiave relative al C2 nel modello attraverso l’HCI. Queste regole decisionali dovrebbero basarsi sull’input di esperti del settore (come ad esempio in sede di addestramento del decisore). Ci sono anche pianificatori e modelli di comportamento che generano attività e piani da eseguire su un determinato orizzonte temporale come ad esempio il generatore di ATO (Air Tasking Order), il collection planner, lo strategic lift scheduler e il pianificatore di maneuver sequence. Ci sono, infine, insiemi di regole decisionali inseriti dall’utente che elencano le possibilità di fase e di stato per il C2 a livello JTF;
- fase “Act”: il nodo finale è il nodo dell’azione condotta sulla base della verità di fondo il cui database viene poi aggiornato consentendo di riprendere il ciclo.

Il *simulation domain* fornisce l’infrastruttura necessaria per far funzionare la simulazione e contiene la lista degli eventi, i generatori di numeri casuali, i sistemi di coordinate e gli agenti di raccolta dati necessari. Queste risorse, chiamate *manager*, sono utilizzate dagli ingegneri come codice per sviluppare il *software* ed implementare la funzionalità del dominio. La simulazione utilizza dati ambientali come il terreno, le condizioni atmosferiche, le reti di mobilità e la batimetria, per influire sulle prestazioni delle unità e dei sistemi militari. Questo ambiente influisce sulle prestazioni delle BSEs e sull’interazione tra esse. In uno scenario JWARS di sessanta giorni vengono effettuate molte migliaia di chiamate al gestore ambientale per ottenere informazioni pertinenti. Il terreno, acquisito da un *set* di dati standard NIMA, viene memorizzato nel formato *Compact Terrain DataBase* (CTDB) ed elaborato utilizzando algoritmi formulati dal centro di ricerca e sviluppo dell’ERDC di Vicksburg. Esso è suddiviso in celle definite dall’utente per le manovre e in

⁸⁵ Un esempio è un contrattacco che è programmato per iniziare il giorno D usando l’unità X. L’utente inserisce questa pianificazione, nonché altri criteri che saranno considerati al momento della decisione (ad esempio la forza dell’unità o la posizione). Quindi, il giorno D dell’esecuzione della simulazione, il C2 valuta la capacità di una unità di avviare la sua missione assegnata in base ai criteri di input. Se non è in grado di eseguire la matrice di esecuzione, la logica C3 della simulazione segnala che la forza è “*off-plan*” e che è necessaria qualche azione correttiva.

una rete di mobilità per supportare gli spostamenti intra-teatro. I dati meteorologici sono derivati dal Generatore di Scenari Ambientali (ESG) del DMSO.

Il *platform domain* di JWARS include:

- l'hardware su cui viene eseguita la simulazione;
- l'interfaccia uomo-computer (Human Computer Interface – HCI) con cui gli utenti interagiscono per controllare la simulazione e soddisfare la maggior parte delle esigenze analitiche. L'HCI è utilizzato per supportare la costruzione dello scenario, la preparazione dell'intelligence del campo di battaglia, il controllo dell'esecuzione e l'analisi dei risultati. L'HCI ha anche funzionalità diverse dedicate alla tipologia di utente tra cui l'analista, i modellatori, gli amministratori.

Dopo l'esecuzione della simulazione, gli analisti possono visualizzare i risultati attraverso un set limitato di strumenti di analisi organici a JWARS che possono essere esportati come file leggibile tramite strumenti di analisi COTS (*Commercial Off-The-Shelf*), ovvero *software* progettati per l'analisi dei dati che possono fornire funzionalità come la visualizzazione, la modellazione, la previsione, l'analisi statistica, allo scopo di supportare le decisioni basate sui dati e l'analisi delle prestazioni del *business*.

Sulla base dell'analisi effettuata dei processi e dei domini di funzionamento di JWARS, non essendo disponibili informazioni dichiarate a riguardo, si ipotizza, pertanto, l'uso delle seguenti tipologie di IA:

- intelligenza artificiale basata su regole: l'IA segue un insieme preciso di regole per prendere decisioni e risolvere problemi;
- intelligenza artificiale basata su conoscenza: l'IA utilizza le informazioni per prendere decisioni e risolvere problemi.

6. IA e Wargame applicati alla Pianificazione Generale

Un interessante esempio di integrazione tra *wargame* e IA è costituito da un esperimento condotto nel 2020 dalla RAND Corporation su *input* del Dipartimento della Difesa statunitense (U.S. DoD). Al rapido proliferare delle potenziali applicazioni dell'IA e del *Machine Learning* (ML), la difesa statunitense ha reagito accelerando gli studi per una loro applicazione nel campo del *warfighting*. Tali studi richiedono una sinergia tra difesa e mondo accademico e, in tale contesto, il *wargame* diventa un'occasione di confronto e di scambio di conoscenze. Se da una parte l'IA potrebbe consentire un risparmio in termini di vite umane e una velocizzazione dei processi decisionali, dall'altra potrebbe presentare una serie di limitazioni che, se non opportunamente valutate e mitigate, potrebbero pregiudicare

il raggiungimento della missione. La definizione di tali limiti e dei rischi derivanti dall'applicazione di IA/ML risulta essenziale per la definizione dei requisiti operativi, necessari per procedere allo sviluppo di piattaforme, sistemi d'arma ed equipaggiamenti realmente rispondenti alle esigenze dei futuri contesti operativi.

L'esperimento ha visto la condotta di due diversi *wargames*, entrambi giocati a livello compagnia e aventi lo stesso contesto operativo: uno scontro tra forze blu (US) e rosse (Russia), nei Baltici, nel 2030. Nel primo gioco, facendo riferimento ad una capacità di prossima acquisizione da parte della difesa americana, sono stati introdotti veicoli da combattimento robotizzati leggeri e medi a controllo remoto (RCV-L e RCV-M) costantemente controllati da operatori militari. Il secondo gioco, pur non prendendo in considerazione un progetto di breve termine, ha visto lo schieramento della stessa tipologia di mezzi, ma completamente autonomi nell'esecuzione degli ordini impartiti dal comandante di compagnia, dal movimento all'ingaggio del nemico.

Gli sperimentatori hanno utilizzato un *tabletop* commerciale intervenendo sullo stesso per modificare le regole e aggiungere una serie di statistiche che consentissero ai mezzi autonomi di agire nell'ambito degli ordini ricevuti. Partendo dai dati relativi allo sviluppo dei mezzi a controllo remoto, sono state modificate, inoltre, le regole in modo da riprodurre il loro comportamento e le loro vulnerabilità come ad esempio contromisure nemiche e attività di *jamming*⁸⁶.

Le regole imposte e le statistiche inserite hanno fornito una serie di interessanti osservazioni:

- l'impiego di veicoli a controllo remoto ha richiesto il mantenimento costante di una line-of-sight che, di fatto, ha rallentato l'avanzamento delle unità blu massimizzando gli effetti delle contromisure dei rossi;
- ciascun operatore è stato in grado di agire solo su due veicoli a controllo remoto in contemporanea limitando, quindi, il numero di mezzi impiegabili in contemporanea con ripercussioni sulla manovra e, in particolare, sulla capacità di concentrare le forze blu in corrispondenza delle posizioni delle forze rosse;
- i veicoli autonomi, pur non presentando le limitazioni di cui sopra, hanno dimostrato dei limiti nell'esecuzione di ordini complessi;

⁸⁶ *Allied Administrative Publication (AAP) – 06, NATO Glossary of Terms and Definition, l'Electronic Jamming viene definito come "The deliberate radiation, reradiation or reflection of electromagnetic energy with the object of impairing the effectiveness of hostile electronic devices, equipment or systems", Ed. 2021.*

- i mezzi a controllo remoto sono stati impiegati con più leggerezza di quelli con equipaggio e l'assenza di rischi per le vite umane ha portato ad una maggiore esposizione al fuoco nemico.

Quelle sopra indicate sono solo alcune delle considerazioni scaturite dai due scenari, ma rivestono un'importanza fondamentale sia per il mondo accademico, cui spetterà il compito di ricercare le soluzioni tecnologiche più idonee per la risoluzione dei limiti riscontrati, sia per la componente militare, comandanti *in primis*, cui spetterà il compito di analizzare i punti di forza e i limiti dell'IA/ML e di tenerne conto in fase di pianificazione ed impiego.

Il *report* dell'esperimento descrive nel dettaglio tutte le fasi di gioco e i mezzi schierati. Tuttavia la loro trattazione esula dal *focus* principale del presente elaborato. Di centrale importanza sono invece le finalità e gli strumenti impiegati nella condotta dell'esperimento che costituiscono un esempio di possibile impiego del *wargame* anche per fini diversi dalla pianificazione di attività operative.

Ad inizio 2020, anno di svolgimento dell'esperimento, l'U.S. *Army* aveva commissionato la costruzione di RCV-L e RCV-M la cui sperimentazione sarebbe iniziata nel 2021, dopo la consegna dei primi prototipi, per poi giungere ad un effettivo dispiegamento in attività operative a partire dal 2030. Lo scenario e la composizione delle forze (sia blu che rosse) hanno portato i giocatori ad una prima interazione con l'AI/ML in ambito operativo mettendo in evidenza una serie di informazioni importantissime sia per la pianificazione dell'impiego sia per l'elaborazione degli eventuali requisiti operativi.

L'applicazione dell'intelligenza artificiale ha consentito di modificare un *wargame* commerciale, il *Fistful of TOWs 3*, introducendo le regole necessarie per far giocare i mezzi a controllo remoto e quelli autonomi, riuscendo quindi a contenere anche i costi. La buona riuscita dell'esperimento consentirà, inoltre, di disporre di uno strumento collaudato in quanto, qualora si volessero approfondire alcuni aspetti emersi nel corso dell'esperimento, sarebbe sufficiente intervenire sulle regole di gioco introducendo quelle ritenute più idonee per testare determinati effetti.

Infine, un aspetto di fondamentale importanza è la stretta collaborazione tra mondo accademico e componente militare. L'introduzione delle tecnologie dirompenti non potrà, infatti, prescindere da questo connubio, essendo i militari i generatori del requisito e i tecnici coloro che dovranno soddisfarlo. In tale ottica, essendo stato condotto a premessa della consegna dei primi prototipi, questo esperimento potrebbe essere a tutti gli effetti considerato una prima fase della sperimentazione.

Gli esempi del JWARS e dell'esperimento condotto dalla RAND *Corporation* hanno fornito un'idea sia sull'attuale livello di integrazione tra IA e *wargame* che sull'eterogeneità dei possibili impieghi di quest'ultimo.

Questo punto di situazione porta con sé alcuni interrogativi che saranno trattati nel Capitolo successivo. Partendo dalla definizione dell'attuale "stato dei lavori", si cercherà infatti di fornire degli spunti sui possibili sviluppi e i futuri ambiti di impiego dell'IA e del *wargame* da parte della difesa italiana.

CAPITOLO 4 - INTELLIGENZA ARTIFICIALE E WARGAME: UN PERCORSO INNOVATIVO PER LA DIFESA ITALIANA

Le applicazioni contemporanee dell'intelligenza artificiale non hanno ancora raggiunto un grado di evoluzione che consenta loro di interpretare la realtà, ossia di sviluppare una forma di coscienza autonoma, capace di valutare il mondo o il contesto in cui agiscono.

Allo stato attuale, l'IA non ha ancora raggiunto una piena autonomia, ma è intesa come una serie di tecnologie che spaziano dalla rappresentazione della conoscenza al ragionamento e apprendimento automatico. Come anticipato nel II Capitolo, i recenti sviluppi dell'IA sono avvenuti in gran parte nell'area del *machine learning* che consente l'elaborazione di enormi quantità di dati e forme di apprendimento basate sulla ripetuta esposizione a forme esperienziali tramite i K2AG, ovvero la definizione di algoritmi di apprendimento complessi (come le reti neurali). Nella sua forma attuale, l'IA è estremamente dipendente dalla disponibilità di significative basi di dati, utili alla macchina per una piena interpretabilità e utilizzabilità nella fase di apprendimento, nonché da un sufficiente sviluppo dell'*Internet of Things* (IoT)⁸⁷. In riferimento al livello tecnologico raggiunto nel campo dell'IA in ambito internazionale, si è osservato che non vi è una completa autonomia delle tecnologie applicate al *wargame*, ma piuttosto una spinta automazione. Un maggiore impiego dell'IA, con livelli di automazione più orientati all'autonomia, si è riscontrato nell'ambito dello sviluppo capacitivo di sistemi autonomi nonché nel settore dell'addestramento militare, come evidenziato dallo studio condotto in Cina, citato in precedenza, in cui è stato testato un combattimento tra un *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) telecomandato da un essere umano a terra ed uno gestito interamente dall'IA che ha vinto il duello⁸⁸. Nel precedente capitolo sono state analizzate le possibili interazioni tra *wargame* e IA, osservando il livello raggiunto dai principali Paesi e fornendo una panoramica sul *Joint Warfare System* (JWARS) come esempio delle potenzialità dell'integrazione tra i due strumenti. Nel presente Capitolo, sarà effettuata una disamina dell'attuale situazione della Difesa italiana in relazione all'utilizzo del *wargame* nonché al livello di tecnologia raggiunto e ai relativi settori di applicazione per individuare limiti ed opportunità. Infine, allo scopo di rendere i processi decisionali, operativi, addestrativi e di

⁸⁷ Per *Internet of Things* (IoT) si intende quel percorso nello sviluppo tecnologico in base al quale, attraverso la rete Internet, potenzialmente ogni oggetto dell'esperienza quotidiana acquista una sua identità nel mondo digitale. Come detto, l'IoT si basa sull'idea di oggetti "intelligenti" tra loro interconnessi in modo da scambiare le informazioni possedute, raccolte e/o elaborate.

⁸⁸ Privitera, Salvo, (2023), *L'IA ha umiliato un pilota di caccia in un duello aereo in soli 90 secondi*, consultato il 10 marzo 2023 (<https://tech.everyeye.it/amp/notizie/ia-umiliato-pilota-caccia-duello-aereo-soli-90-secondi-638396.html>).

pianificazione maggiormente efficienti ed in linea con gli scenari futuri, verranno proposti alcuni spunti sulle possibili applicazioni del *wargame* e dell'IA in vari ambiti e livelli della Difesa evidenziandone vantaggi, potenzialità e prospettive.

1. Wargame e sviluppo tecnologico nelle Forze Armate italiane

Come descritto nel primo Capitolo, il *wargame* rappresenta uno strumento di grande efficacia per il supporto al processo decisionale, applicabile a qualsiasi settore e in particolare in ambito militare. Attualmente, il ricorso a questa metodologia non è omogenea nell'ambito della Difesa italiana e l'impiego da parte delle Forze Armate (FF.AA.) varia a seconda delle esigenze peculiari della singola componente. Queste ultime, inoltre, fanno ricorso a strumenti di simulazione sia in supporto alle attività di *wargaming* in senso stretto, sia per condurre attività addestrative e operative sfruttando le potenzialità offerte da strumenti digitali. Di seguito si osserverà come le singole FF.AA. impiegano il *wargame* e quale livello di supporto tecnologico è utilizzato al fine di delineare possibili applicazioni dell'IA. L'Esercito italiano (EI) ricorre ampiamente all'uso del *wargame* in maniera strutturata e codificata con specifica regolamentazione interna⁸⁹ che ne fornisce una descrizione completa, dettagliando gli ambiti di applicazione e le linee guida funzionali, al fine di omologare l'esecuzione, massimizzare i benefici del processo e delineare uno strumento di analisi a supporto dei Comandanti e degli *staff* durante il processo decisionale.

Per quel che concerne l'attività di pianificazione delle unità provviste di *staff*, in linea con quanto previsto dalla dottrina NATO⁹⁰ e interforze⁹¹, il *wargame* è inserito nell'ambito dell'analisi delle linee di azione propria (LAP), spesso definite come *Course of Action* (COA). Anche le minori unità, che non dispongono di uno *staff* preconstituito, fanno ricorso al *wargame* analitico per supportare la selezione della COA più adeguata per l'adempimento della missione assegnata; ciò avviene di norma nella fase di completamento del piano.

Il *wargame* ha una grande importanza anche nell'ambito della formazione e dell'addestramento dei quadri della Forza Armata, orientato a supportare la preparazione professionale dei Comandanti e degli *staff* nella pianificazione e conduzione delle operazioni militari, migliorando le loro capacità nell'applicare la dottrina e nel risolvere problemi al fine di elaborare ed emanare ordini efficaci. A tal proposito, sono state definite diverse modalità

⁸⁹ Stato Maggiore Esercito, Circ. 7015 Il *Wargaming*, Ed. 2019

⁹⁰ NATO *Allied Joint Doctrine for the Planning of Operations* (AJP-5), Ed.2019;
NATO *Comprehensive Operations Planning Directive* (COPD) V. 3.0, Ed. 2021;
NATO *Allied Procedural Publication* (APP-28), *Tactical Planning for Land Forces*, Ed. 2019.

⁹¹ Stato Maggiore della Difesa, Pubblicazione Interforze Dottrinale (PID-5), *La pianificazione delle operazioni*, Ed. 2022.

formative/addestrative, sia per la preparazione dei Comandanti⁹², focalizzata sullo sviluppo della capacità decisionale a qualsiasi livello, sia per la preparazione degli *staff*⁹³ orientata allo sviluppo della capacità di progettazione e gestione collettiva delle operazioni attraverso l'applicazione sistematica dei cicli e dei processi necessari per ottimizzarne la pianificazione e la condotta. Tale approccio segue la dottrina e interiorizza le Lezioni Apprese⁹⁴ sulla materia. Attualmente, gli strumenti digitali, utilizzati dall'EI durante il *wargame* per riprodurre la realtà durante l'azione, sono generici *computer* dotati di *software* dedicati alla simulazione tattica (come ad esempio il *Virtual Battle Space – VBS 3*) che consentono di rappresentare in modo virtuale la realtà e gli effetti delle scelte dei partecipanti; possono essere anche sistemi di simulazione complessi, in particolare nel dominio costruttivo, che comprendono un insieme integrato di *hardware* e *software* (strumenti digitali specifici) per la gestione di esercitazioni assistite dal computer (come ad esempio il *Joint Conflict And Tactical Simulation – JCATS*). Al momento, non ci sono applicazioni di IA a supporto del *wargame* che sfruttino il ricorso a processi tendenti all'autonomia, tuttavia sussistono processi di digitalizzazione dello scenario e dei processi. I sistemi di simulazione nell'EI sono impiegati a supporto delle attività addestrative contribuendo, tra l'altro, ad esercitare la capacità decisionale dei Comandanti a vario livello e la capacità degli *staff* di proporre soluzioni a problemi operativi. Ad esempio, nell'ambito Aviazione Esercito, è impiegato un *Combat Mission Simulator* dell'"A-129CBT Mangusta" che consente di simulare il volo di un elicottero in ambiente operativo, anche complesso, con l'interazione di componenti terrestri, aeree e marittime, attraverso scenari tattici e *visual database* ad alta risoluzione che ricreano gli ambienti operativi nei quali i piloti sono normalmente chiamati a operare, per finalità addestrative, durante i corsi di abilitazione, per il mantenimento delle qualifiche e l'approntamento a premessa dell'impiego in teatro.

Il *wargame* nella Marina Militare (MM) viene impiegato in particolar modo nelle esercitazioni nazionali maggiori, ossia quelle di addestramento avanzato ("Mare Aperto"), in quelle svolte in ambito NATO e nei processi di certificazione dello *staff* della Forza Armata (COMITMARFOR) propedeutica al Comando italiano nell'ambito dell'Alleanza Atlantica. Il *wargame* è svolto, quindi, in maniera tradizionale solo in occasione di esercitazioni NATO *Computer Assisted* ed è supportato dal *Joint Theatre Level Simulation tool* per testare i processi di *staff*.

⁹² Esercitazione Quadri – EQ/*Tactical Decision Exercise* - TDX.

⁹³ Esercitazioni per Posti Comando – EPC/*Command Post Exercise* - CPX.

⁹⁴ Con il termine *Lessons Learned* (Lezioni Apprese) andiamo ad indicare "A LI in respect of which remedial action has been approved and implemented." NATO *Joint Analysis and Lessons Learned Center* (JALLC), consultato il 4 aprile 2023 (www.jallc.nato.int).

Anche nella Marina, l'impiego di un livello più avanzato di tecnologia trova un'ampia applicazione nel campo della simulazione con lo scopo di aumentare il realismo dell'addestramento a livello tattico/operativo. Oltre ai simulatori di volo in dotazione alle Stazioni Aeromobili per l'addestramento dei piloti ad ala fissa e rotante, la Marina Militare (MM) si avvale dei simulatori di plancia dell'Accademia Navale di Livorno, per il conseguimento della guardia in plancia basica, e del Centro Addestramento Aeronavale, per l'addestramento del personale già abilitato alla guardia in plancia operativa. Ulteriore *tool* di simulazione è costituito dall'Addestramento Sintetico di Flotta (ASF), con *server* dedicati dislocati in tutte le Centrali Operative di Combattimento delle Unità Navali di prima linea per l'addestramento degli Ufficiali in Comando di Guardia e dello *staff* di Comando imbarcato nella gestione di tutte le forme di lotta (ASuW⁹⁵, ASW⁹⁶, AAW⁹⁷, ASyW⁹⁸) tramite il Sistema di Combattimento.

Nell'Aeronautica Militare (AM), il *wargame* non ha un'applicazione così come dottrinalmente inteso ma, in fase di pianificazione operativa, avviene attraverso un processo strutturato su una discussione tra la branca "informazioni" e quella "operazioni", durante la quale si prevedono le possibili reazioni del nemico in considerazione delle capacità, potenzialità, reattività, addestramento, tattiche e procedure adottate da quest'ultimo. Analizzate le possibili reazioni in base all'obiettivo della missione, al *Commander's intent* e al *risk level*, si valuta l'opportunità di modificare il piano iniziale oppure rimanere su quanto stabilito pianificando delle contoreazioni da applicare alle possibili mosse nemiche. Anche in AM, la tecnologia non trova applicazione nell'ambito del *wargame* ma piuttosto nell'ambito della simulazione maggiormente attagliata alle peculiarità operative di impiego. In questo settore, l'AM ha raggiunto in pochi anni livelli di altissimo realismo ed efficacia, idonei all'addestramento dei piloti che agiscono individualmente o come membri di una formazione di più velivoli, operando in un ambiente virtuale altamente personalizzato. La simulazione può essere impiegata per l'addestramento al volo su nuovi velivoli, per condurre operazioni in condizioni meteorologiche estreme o in scenari di guerra altamente complessi, per la simulazioni di emergenze in volo o per testare nuove tattiche di combattimento. Grazie alle recenti tecnologie, è stata possibile l'implementazione del c.d. *Live, Virtual and Constructive* (LVC), un ambiente tecnologico dove gli elementi *live* (aerei realmente in volo) interagiscono in tempo reale con gli assetti *virtual* (simulatori pilotati da operatori a terra) e *constructive*

⁹⁵ *Anti Surface Warfare*

⁹⁶ *Anti Submarine Warfare*

⁹⁷ *Anti Air Warfare*

⁹⁸ *Asymmetric Warfare*

(entità digitali create e manovrate da un operatore da terra, dette *Computer Generated Forces* – CGF), tutti collegati in rete. Le possibilità che offre questo sistema sono molte sia da un punto di vista addestrativo, perché con costi ridotti e con relativa semplicità permette di simulare scenari complessi e realistici con un numero elevato di assetti (aerei, terrestri e marittimi), sia da un punto di vista operativo, perché consente la validazione di tattiche preesistenti e l'implementazione di tattiche nuove. Presso il Reparto Sperimentale Volo di Pratica di Mare, l'AM sta sviluppando, inoltre, algoritmi di IA da impiegare nei nuovi sistemi di *Modeling & Simulation*. In particolare, uno dei principali strumenti di ausilio per lo sviluppo di nuove funzionalità dei sistemi d'arma è il concetto di *digital twin*, cioè una rappresentazione virtuale/digitale di uno specifico assetto di cui vengono replicati lo stato e i relativi cambiamenti grazie all'utilizzo combinato di dati, simulazioni e IA. Il *digital twin*, infatti, permette di implementare, in modalità agile, i nuovi algoritmi di IA al fine di raccogliere i dati necessari alla valutazione dei risultati ottenuti in tutte le fasi di sviluppo di un prototipo (dall'analisi dei requisiti iniziali alla sua validazione). Più nel dettaglio, esso permette di effettuare previsioni eseguendo simulazioni realistiche e testando il comportamento di un sistema in relazione alle variazioni delle condizioni dell'ambiente esterno.

In ambito AM, una delle recenti sfide riguarda l'applicazione dell'IA, insieme al *machine learning*, nell'ambito del *manned-unmanned teaming* (MUM-T). Si tratta di una delle innovazioni chiave che permetterà a sistemi autonomi, intelligenti, connessi e modulari, collegati da una rete distribuita di intelligenza, di agire quali moltiplicatori di forza per gli assetti pilotati, incrementando le capacità del *team* e garantendo maggiore sicurezza al pilota. Le operazioni MUM-T hanno l'obiettivo di aumentare in modo significativo la *situational awareness* dell'equipaggio contribuendo alla riduzione del carico di lavoro, mediante l'assegnazione di *task* specifici agli assetti *supporting*. Questi, grazie agli algoritmi di IA opportunamente sviluppati, saranno quindi in grado di eseguire il *task* in completa autonomia permettendo, al contempo, un'efficace gestione delle risorse impegnate per il raggiungimento dell'obiettivo finale. È evidente che, a supporto delle operazioni MUM-T, sono necessarie delle reti di comunicazione e condivisione dei dati sicure, resilienti e che garantiscano interoperabilità e bassa osservabilità. Le attività di *Modeling and Simulation* (M&S) rappresentano, pertanto, uno strumento fondamentale in supporto al ciclo di sviluppo dei nuovi assetti ad alta tecnologia poiché offrono capacità di analisi dei requisiti, verifica e validazione dei risultati e riducono le tempistiche e i costi associati ai progetti tecnologicamente avanzati.

Dall'analisi dell'attuale impiego del *wargame* nell'ambito delle Forze Armate e considerando l'uso tecnologico principalmente associato ai sistemi di simulazione come strumenti di sviluppo della capacità decisionale dei Comandanti e di elaborazione di soluzioni a problemi di natura militare, emerge in modo trasversale la possibilità di riprodurre numerosi processi decisionali, a qualsiasi livello, e in ogni scenario possibile per affrontare sia un nemico tangibile sia le sfide poste dall'evoluzione dei *trend* strategici di riferimento (geopolitica, demografia, tecnologia, economia, ambiente)⁹⁹. Il limite umano costituito dall'incapacità di processare rapidamente e mettere a sistema un'enorme mole di dati potrebbe essere, in questi contesti, superata mediante l'impiego di un'IA con una forte, seppur controllata, spinta all'autonomia. L'IA rappresenta, pertanto, una tecnologia rivoluzionaria per le FF.AA. grazie alla sua capacità di migliorare la precisione, la velocità e la capacità di adattarsi ai cambiamenti sul campo di battaglia. La stessa, emergendo quale *disruptor technology* nel contesto militare, sta già influenzando il modo in cui le operazioni vengono pensate e condotte; ne sono un valido esempio i sistemi autonomi quali i droni, particolarmente utili per individuare e neutralizzare minacce nemiche, e le installazioni di artiglieria o i depositi di munizioni. Grazie alla sua capacità di elaborare grandi quantità di dati, l'IA sta avendo, inoltre, un impatto significativo nell'analisi delle immagini satellitari, delle registrazioni audio e delle comunicazioni in ambito *intelligence*, così come anche è in grado di identificare *Pattern of Life* (POL) movimenti delle unità ostili, i punti deboli dell'avversario e le aree di vulnerabilità. Queste informazioni possono essere utilizzate per pianificare il posizionamento delle unità, la movimentazione del personale e dei mezzi, nonché lo sviluppo delle linee di comunicazione e della logistica.

2. Limiti e prospettive future

Nel paragrafo precedente, è stata effettuata un'analisi dell'utilizzo del *wargame* e dell'applicazione dell'IA in ambito Difesa con riferimento alla situazione attuale. È emerso un approccio delle Forze Armate variegato e su differenti livelli di impiego. In particolare, al netto di eventi esercitativi, si è riscontrato il mancato utilizzo del *wargame* nei processi decisionali di livello strategico ovvero legati a programmi/progetti di acquisizione/sviluppo capacitivo nonché in altri ambiti della Difesa. Il *wargame* in senso stretto risulta strutturato ed utilizzato solo dall'Esercito nell'ambito del processo di pianificazione operativa, con tanto di normativa interna che ne disciplina l'applicazione. Il settore dell'addestramento è, invece, maggiormente orientato all'impiego della tecnologia per avere scenari sempre più realistici

⁹⁹ Stato Maggiore Esercito, *Future Operating Environment post 2035* – Implicazioni per lo strumento militare terrestre.

e simulazioni maggiormente corrispondenti alle finalità addestrative, in modo particolare per la Marina e l'Aeronautica con quest'ultima già orientata anche allo sviluppo di algoritmi di IA.

L'applicazione del *wargame*, intesa come strumento metodologico, può essere già pienamente applicabile in ogni ambito e ad ogni livello del comparto Difesa a valle di un cambio di mentalità e di approccio finalizzato a rendere maggiormente efficienti determinati processi e decisioni. L'introduzione dell'IA, invece, presuppone determinati requisiti che bisognerà iniziare ad implementare già nel breve termine in quanto diventeranno indispensabili per rimanere al passo con i cambiamenti dettati dallo sviluppo delle *Emerging Disruptive Technologies* che impatteranno in maniera significativa anche sul settore difesa e sicurezza. In particolare, sarà necessario modificare ovvero dotarsi di sistemi ed infrastrutture che possiedano specifici requisiti e caratteristiche per poter essere orientati verso un'autonomia controllata, nonché per essere pienamente integrabili con le nuove tecnologie in un'ottica di *Internet of Things* (IoT) e dell'applicazione di IA in modo trasversale tra i vari livelli e settori della Difesa. Come delineato nei precedenti capitoli, al fine di affrontare in modo efficace le sfide future, sarà indispensabile utilizzare specifici strumenti e fare ricorso a tecnologie all'avanguardia quali il connubio *wargame*-IA che rivestirà un ruolo di primaria rilevanza. Questo garantirà una maggiore efficacia nelle attività di addestramento e pianificazione delle operazioni militari unitamente a un maggior supporto ai decisori nella realizzazione di obiettivi specifici tenendo conto delle risorse e dei vincoli prestabiliti. In tal modo, si potrà conseguire un vantaggio significativo, sia operativo che strategico, con l'obiettivo di migliorare l'efficacia complessiva delle attività militari.

3. Wargame e IA: il futuro della Difesa italiana?

Nel presente paragrafo, alla luce delle considerazioni sinora esposte, si cercherà di delineare delle proposte sui possibili campi di impiego del *wargame* e dell'IA nel settore Difesa allo scopo di evidenziarne prospettive e opportunità. Sarà, pertanto, effettuata una disamina dei vantaggi derivanti dalla loro applicazione sia nel settore addestrativo e nel processo di pianificazione operativa sia nei programmi di sviluppo/acquisizione di capacità, nonché nei processi decisionali legati allo svolgimento dei compiti istituzionali delle FF.AA.

Nell'ambito operativo e tattico, qualora si raggiungesse un adeguato livello tecnologico e di integrazione di sistemi a livello Difesa, si potrebbe implementare una IoT a livello interforze con sistemi di simulazione collegati da una rete classificata su cui sia applicata un'IA (con autonomia controllata). Tale struttura consentirebbe di realizzare sia un

addestramento interforze concreto e realistico attraverso simulazioni basate su scenari predittivi, e quindi di possibile effettivo accadimento, sia di effettuare il *wargame* virtuale per valutare le COA di un autentico piano operativo, coinvolgendo lo stesso personale che dovrà realmente eseguire l'operazione. Ciò avverrebbe mediante l'uso di simulatori, strumenti di realtà virtuale (VR) e assetti reali che interagirebbero con assetti *unmanned* gestiti dalla stessa IA che opera come *red team* e implementa lo scenario nei simulatori.

Oltre a testare le COA, ciò permetterebbe di sfruttare uno dei punti di forza del *wargame*, vale a dire l'opportunità di esplorare opzioni e affrontare rischi in un ambiente sicuro, ottenendo così un duplice effetto. Da un lato, il personale svolgerebbe un addestramento specifico multi-dominio in una modalità virtuale basata su uno scenario reale; dall'altro, avrebbe l'opportunità di vivere in anteprima e in modo estremamente realistico un'operazione che dovrà effettivamente svolgere nel brevissimo termine. Ciò consentirebbe anche di testare, in maniera pratica e concreta, le procedure e i coordinamenti tra le varie componenti.

Infine, sempre in riferimento agli aspetti operativi, una simile integrazione di sistemi e di IA agevolerebbe l'applicazione del *wargame* anche per testare procedure operative reali nell'ambito della Difesa dello Stato. Nello specifico, un'IA (con autonomia controllata) potrebbe gestire un UAV e simulare realmente e con comportamenti imprevedibili una violazione dello spazio aereo nazionale allo scopo di constatare l'efficacia dell'intera catena di *Quick Reaction Allert* (QRA), dai RADAR ai controllori fino ai piloti che si troverebbero a dover affrontare una situazione sempre nuova. Ciò garantirebbe un elevatissimo ritorno addestrativo in termini di reattività, applicazione delle procedure operative e capacità di gestione di scenari variegati. Assicurerebbe, inoltre, l'addestramento dei Comandanti e il collaudo dei processi decisionali relativi alla QRA poiché si eserciterebbero nel prendere decisioni in tempi brevi per individuare la soluzione migliore e fornire le giuste direttive al pilota in funzione dell'imprevedibilità del comportamento dell'assetto aereo gestito da un'IA.

Nell'ambito della pianificazione addestrativa dei piloti, l'IA potrebbe gestire i *syllabus* di addestramento in modo da attagliarli perfettamente alle esigenze degli addestrandi. Ciò aiuterebbe a individuare i punti di forza e di debolezza individuali sulla base dei dati raccolti durante le missioni di addestramento da loro effettuate con l'obiettivo di elaborare percorsi addestrativi specifici. In questo modo, si raggiungerebbe una maggiore efficacia, efficienza ed economicità dell'addestramento.

Nel prossimo futuro, lo strumento militare nazionale si troverà ad affrontare sfide sempre più complesse e articolate nell'ambito dell'assolvimento delle missioni istituzionali

allo stesso assegnate, le quali afferiranno alla difesa degli interessi vitali, la protezione degli interessi strategici, la prevenzione e gestione delle crisi internazionali e il concorso alla salvaguardia delle libere istituzioni e assistenza nelle pubbliche emergenze.

Partendo dall'analisi di tali compiti, si è proceduto quindi ad una disamina degli obiettivi, delineando i possibili settori di applicazione e *focus* su cui poter applicare le metodologie del *wargame* e dell'IA.

a) *Difesa degli interessi vitali e protezione degli interessi strategici*

La difesa degli interessi vitali rappresenta l'insieme delle azioni che il Paese adotta per proteggere i propri valori e la propria sicurezza dagli attacchi provenienti da *peer* e *near peer competitor* o gruppi terroristici. Tale missione ha, come obiettivo prioritario, la salvaguardia di:

- integrità del territorio nazionale, comprese le frontiere, le acque territoriali e lo spazio aereo;
- sicurezza e la libertà delle vie di comunicazione, quali porti, aeroporti, strade e ferrovie, fondamentali per lo sviluppo economico del Paese e per il trasporto di persone e merci;
- tutela delle aree di sovranità nazionale, ovvero delle zone marittime contigue alle coste e dei siti sensibili, come le centrali energetiche, i sistemi informatici governativi e le infrastrutture critiche;
- salvaguardia dei cittadini italiani all'estero comprendendo la protezione consolare, l'evacuazione in caso di emergenza e il supporto alle attività delle imprese italiane all'estero.

Parimenti, la volontà di preservare la sicurezza e la stabilità degli spazi euro-atlantici, che rappresentano una zona strategica e vitale per il nostro paese, richiederanno all'Italia un'attiva partecipazione alla *Collective Defence* dell'Alleanza Atlantica, come rimarcato nell'ambito del NATO *Strategic Concept*¹⁰⁰ e a fornire il proprio attivo contributo, in termini di difesa e sicurezza, in linea con lo *Strategic Compass*¹⁰¹ dell'Unione Europea. Questo apporto si manifesterà mediante un impegno costante e responsabile nella partecipazione alle missioni e operazioni euro-atlantiche, nonché attraverso la modernizzazione e l'adeguamento delle FF.AA. nazionali

¹⁰⁰ Lo *Strategic Concept* è un documento che traccia la linea strategica che gli Stati membri della NATO intendono percorrere nel futuro; ha di conseguenza il duplice scopo di mantenere attivo e vigile l'impianto di sicurezza (e deterrenza) dell'Alleanza e di reagire agli sviluppi globali, siano essi di natura militare o di natura generale. Il NATO *Strategic Concept 2022* è stato approvato nel giugno 2022 durante il NATO *summit* di Madrid.

¹⁰¹ Lo *European Strategic Compass for Security and Defence 2022* è il piano d'azione per rafforzare la politica di difesa e sicurezza europea di qui al 2030. Lo stesso è stato approvato dal Consiglio dell'Unione Europea nel marzo 2022.

promuovendo, in tal modo, una politica di difesa comune fondata sui valori della solidarietà e dell'assistenza reciproca.

In tale ambito, l'obiettivo principale dovrebbe essere quello di sviluppare ed esaminare, tattiche e strategie di difesa in grado di affrontare diversi scenari mediante il ricorso al vasto patrimonio tecnologico. L'utilizzo combinato di *wargame* e IA offrirebbe la possibilità di studiare i contesti emergenti nel campo del *warfighting*, garantendo la sicurezza e la protezione dei cittadini da eventuali minacce future provenienti da tutti i domini, in modo tempestivo ed efficace. Tale approccio dovrebbe sostenere la tanto auspicata *Revolution on Military Affairs*, avviata agli inizi degli anni '90, ma mai realmente attuata. In questo senso, si dovrebbe enfatizzare la capacità di acquisire dati e informazioni, critici per la comprensione degli eventi, la presa di decisioni e l'azione. Questo cambiamento di prospettiva promuoverebbe il passaggio dallo sviluppo, la costruzione e l'acquisizione di nuove piattaforme, all'ideazione di nuovi modelli concettuali che potrebbero essere più adatti per garantire la sicurezza nazionale e la protezione dei cittadini.

È evidente che la capacità di sviluppare modelli utili per lo schieramento di unità militari, per lo sviluppo e la gestione di linee logistiche – necessarie per movimentare personale, mezzi e materiali – la gestione dell'approvvigionamento e dell'immagazzinamento di risorse e, infine, per la definizione di nuovi strumenti decisionali in un futuro contesto di *warfighting*, rappresentano una priorità assoluta.

L'impiego di *wargame* e IA potrebbe contribuire, infatti, alla creazione di modelli di simulazione sempre più accurati e sofisticati, ricorrendo all'impiego di reti di comunicazione per l'acquisizione, immagazzinamento e diffusione di dati provenienti da fonti diverse, quali satelliti, droni, sensori terrestri e sistemi di sorveglianza. Ciò favorirebbe la previsione degli sviluppi futuri delle operazioni, nonché la definizione di strategie e tattiche utili ad affrontare situazioni complesse, analizzando compiutamente rischi intrinseci e vulnerabilità del sistema, consentendo di individuare e mitigare eventuali falle nella sicurezza e nelle difese.

Un elemento centrale in questo processo appare, tuttavia, essere la connettività della struttura organizzativa con specifico riferimento alle linee di comunicazione necessarie per garantire la connessione tra le diverse parti del sistema. Queste dovranno essere protette e rese maggiormente resilienti al fine di prevenire e contenere attacchi offensivi tesi alla degradazione e al *blinding* dello spettro elettromagnetico. A tale scopo, sarà possibile utilizzare nuove tecniche di elaborazione

e trasmissione dei dati in forma distribuita¹⁰², suddividendo il carico di lavoro tra più nodi di elaborazione e migliorando l'efficienza complessiva del sistema stesso.

Per realizzare questo obiettivo, sarà necessario utilizzare tecniche di *wargame* di tipo *analytical* abbinati all'IA per la raccolta e l'analisi dei dati che contribuiscono a sviluppare strategie di difesa in base alla previsione dell'evoluzione degli eventi. Questi giochi analitici potranno essere utilizzati per identificare la dislocazione dei nodi di elaborazione, ottimizzare la trasmissione dei dati e migliorare l'efficienza complessiva dei sistemi e, conseguentemente, della struttura di C2.

b) *Prevenzione e gestione delle crisi internazionali*

Tale missione, finora, è stata assolta prevalentemente mediante la partecipazione a missioni internazionali condotte in ambito NATO e UE ovvero in contesti operativi caratterizzati da una disponibilità di informazioni adeguata alle esigenze di pianificazione e condotta. Negli ultimi anni si è assistito ad un aumento delle missioni bilaterali condotte in ambienti che potrebbero essere definiti nuovi e caratterizzati da dinamiche peculiari che, pur non essendo necessariamente militari, potrebbero avere enormi ripercussioni sulle attività condotte dalla Difesa. A questo quadro si aggiungono due importanti fattori: il peso sempre crescente della politica di difesa europea e la percezione di una forma di disinteresse della NATO¹⁰³ da aree che invece sono di interesse strategico sia per l'Europa sia per l'Italia. Questi due fattori impongono, di fatto, agli strumenti nazionali la necessità di essere pronti a fronteggiare, anche unilateralmente, eventuali emergenze che potrebbero avere un impatto diretto sulla sicurezza e sulla stabilità del nostro Paese.

In tale contesto, l'IA potrebbe essere impiegata con funzioni di *foresight* sia per la creazione dei possibili scenari, sia per la formulazione di alcune possibili ipotesi di evoluzione degli stessi, considerando elementi che porterebbero ad un cambiamento drastico degli ambienti operativi e a nuove tipologie di minaccia o situazioni di tensione che andrebbero a individuare inedite aree di crisi correlate. Si pensi alla scarsità di acqua dolce, all'inquinamento idrico, ai cambiamenti climatici, alla sicurezza e all'approvvigionamento di fonti energetiche, alla ricezione e all'immagazzinamento delle stesse e all'impiego di fonti rinnovabili, fattori che assumeranno una rilevanza

¹⁰² Le tecniche di elaborazione distribuita possono essere utilizzate per ottimizzare la trasmissione, la ricezione e l'elaborazione dei dati in una rete di comunicazione wireless, ad esempio, nel caso di una rete di sensori *wireless* distribuiti. Tuttavia, la trasmissione di grandi quantità di dati attraverso una rete *wireless* può essere soggetta a problemi come la perdita di dati, la latenza e il consumo eccessivo di energia.

¹⁰³ A tal proposito, è interessante notare come il NATO *Strategic Concept 2022*, pur confermando la solidità della cooperazione tra i paesi membri, deleghi all'UE e ai singoli stati membri la gestione di eventuali crisi nelle regioni costituenti il cosiddetto "fianco sud" o, citando una definizione italiana, il "Mediterraneo allargato".

sempre più cruciale e che condizioneranno sia le dinamiche geopolitiche sia la sicurezza globale. Prendendo ad esempio il continente Africano, e in particolare la regione del Sahel, è possibile notare, inoltre, come fattori eterogenei quali fluttuazioni di eventi violenti, colpi di stato, flussi migratori, povertà, *shock* economici e l'ingente presenza internazionale (da parte di paesi amici e non) rendano l'ambiente estremamente complesso. Qualsiasi attività condotta in simili scenari necessita di una pianificazione che tenga conto non solo dei singoli fattori, ma anche delle loro interrelazioni che possono avvenire con modalità e tempistiche diverse modificando velocemente lo scenario iniziale. Per garantire un'efficace gestione di una crisi in termini pratici, la scelta degli strumenti più adeguati (*calibrated force posture*) assume un'importanza fondamentale.

In pratica, una volta definite le aree di interesse, l'analisi delle informazioni disponibili e l'individuazione di specifici indicatori dovrebbe guidare l'elaborazione di appositi piani di intervento da implementare all'occorrenza.

Tali scenari, sviluppati dall'IA, potrebbero diventare il "campo da gioco" di appositi *wargame*, come ad esempio i *serious game*, utili a testare gli eventuali piani di prevenzione, intervento e gestione di crisi che potrebbero compromettere la sicurezza nazionale. Sarebbe possibile identificare, inoltre, aree future su cui orientare il dispiegamento di dispositivi nazionali in pianta stabile in modo da presidiarle con anticipo ed essere già presenti prima dell'evoluzione dello scenario. Siffatto approccio assicurerebbe l'individuazione delle criticità del piano e fornirebbe informazioni preziosissime per la rifinitura di requisiti operativi, procedure e attori da coinvolgere ovvero con cui sviluppare o rafforzare relazioni bilaterali in quanto di ausilio per affrontare congiuntamente le crisi previste.

c) *Concorso alla salvaguardia delle libere istituzioni ed assistenza nelle pubbliche emergenze*

Lo strumento militare nazionale concorre, infine, alla salvaguardia delle libere istituzioni e all'adempimento di compiti specifici, su territorio nazionale, in situazioni di pubblica calamità e circostanze emergenziali che richiedano interventi urgenti e tempestivi. In tale ambito, l'utilizzo combinato di *wargame* e IA potrebbe trovare impiego, di concerto con altri dicasteri e organizzazioni nazionali e internazionali, nello studio, nella prevenzione e nella gestione di eventi straordinari esterni ad ambiti strettamente militare.

Nel prossimo futuro, il novero delle sfide da fronteggiare, in particolare quelle riconducibili ai cambiamenti climatici in corso, sarà cospicuo. Tra queste, le principali afferiscono quelle di carattere sanitario, come dimostrato dalla diffusione del COVID-19 che ha messo a dura prova i sistemi sanitari di tutto il mondo. Allo stesso modo, le problematiche di approvvigionamento alimentare e delle risorse idriche rappresenteranno un'ulteriore sfida in termini di sicurezza e stabilità sociale legata alla carenza di cibo, alla perdita di biodiversità e alle malattie delle piante e degli animali.

Per affrontare queste sfide sarà necessario utilizzare tecniche di wargame abbinati all'IA per la raccolta e l'analisi dei dati, al fine di sviluppare strategie di difesa e prevedere gli sviluppi di eventi futuri. A tal riguardo, nel settore sanitario, il connubio wargame, nell'accezione di serious game, e l'IA potrebbe essere utilizzato per sviluppare scenari di diffusione pandemica e testare le diverse strategie per contenere la stessa. Lo sviluppo di specifiche procedure di coordinamento, comprensive di piani, attività addestrative, e applicativi digitali all'uopo dedicati, di concerto con il Ministero della Sanità, permetterebbe di tarare lo strumento militare da impiegare individuando le risorse/capacità da affidargli, nelle azioni di contenimento. Questo, memori degli accadimenti legati alla pandemia da COVID-19, permetterebbe di assumere decisioni tempestive, ottimizzare le risorse e sviluppare piani di emergenza più efficaci favorendo la collaborazione tra diverse agenzie, sia militari che civili, migliorando la sincronia tra i vari attori coinvolti. Parimenti, di concerto con le autorità sanitarie, il ricorso a wargame, di tipo analytical game, e l'IA potrebbe supportare le opportune valutazioni circa le strategie di distribuzione dei dispositivi di protezione individuale e dei vaccini, razionando le risorse mediche e l'organizzazione dei servizi ospedalieri. Nell'ambito dell'approvvigionamento alimentare i wargame, così come l'IA, potranno essere impiegati per migliorare la sicurezza alimentare, l'efficienza della catena di approvvigionamento e la sostenibilità ambientale nel settore dell'approvvigionamento alimentare. Ciò potrebbe avvenire simulando scenari di minacce alla sicurezza alimentare, come la diffusione di malattie animali o la contaminazione dei beni, supportando i produttori, i distributori e le autorità di regolamentazione a sviluppare piani di prevenzione e risposta più efficaci. In particolare, il contributo militare al dicastero competente potrebbe riguardare lo sviluppo di modelli basati sull'analisi di dati meteorologici e l'impatto degli stessi sulle rese agricole e sui consumi, rappresentando uno strumento prezioso per affrontare le sfide future, migliorando la sostenibilità e la resilienza del sistema. Nel settore della sicurezza idrica, in prospettiva

futura, l'analisi condotta mediante a wargame, di tipo analytical game, in combinazione con l'impiego dell'IA, potrebbe migliorare la gestione delle risorse idriche, la prevenzione delle contaminazioni e la previsione degli effetti dei cambiamenti climatici sulla disponibilità di acqua. In particolare, il ricorso e l'utilizzo di dati forniti da tecnologie duali, quali la costellazione satellitare COSMO SkyMed equipaggiata con Synthetic Aperture Radar (SAR) consentirà l'analisi dei dati sulle risorse e bacini idrici disponibili e il forecasting sulla disponibilità e tenuta degli stessi. Ciò permetterà di sviluppare piani di gestione delle risorse idriche più efficienti, prevenendo la carenza di risorse e garantendo, al contempo, la disponibilità di acqua pulita per uso umano e industriale. Questo potrebbe contribuire a sviluppare piani di gestione dell'acqua più adattabili e resilienti ai cambiamenti climatici. In termini di sicurezza energetica il ricorso a sistemi di controllo basati sull'IA potrà ottimizzare l'utilizzo delle risorse energetiche disponibili, migliorando le prestazioni degli impianti, riducendo i costi e aumentando l'efficienza. Ciò permetterà alla struttura organizzativa, di simulare scenari di crisi legati a black-out o interruzioni nell'approvvigionamento di gas o lavorati del petrolio, esplorando eventuali misure alternative di approvvigionamento. Tuttavia, l'applicazione di wargame di tipo analytical game, abbinati all'IA, consentirà allo strumento militare, notoriamente energivoro, lo studio e l'individuazione di materiali, tecnologie e procedure che permettano un adeguato sfruttamento delle risorse energetiche disponibili, prevedendo misure alternative di produzione, stoccaggio e conservazione.

CONCLUSIONI

La disamina condotta nel corso della presente tesi ha portato ad analizzare lo strumento del *wargame* e le sue implicazioni nella pianificazione, nello sviluppo di nuove tecnologie e requisiti operativi, così come nei miglioramenti delle procedure caratterizzanti l'applicazione del processo decisionale. Parimenti si è proceduto ad analizzare la tecnologia relativa all'Intelligenza Artificiale nonché la maturità raggiunta dalla stessa, tracciando possibili aspetti di interesse e applicazione per lo strumento militare nazionale.

Alla luce delle analisi condotte è maturata la consapevolezza di come il connubio *wargame* – IA emerga quale aspetto dirimpante e innovativo nelle attività di studio, pianificazione, sviluppo e condotta di attività militari intese nel più ampio spettro di applicazioni possibili. Tutto ciò, considerando che nel prossimo futuro si assisterà a cambiamenti drastici dettati da fattori sia naturali che tecnologici. Il *wargame*, come definito, è uno strumento che consente di testare la validità dei piani e di mettere alla prova i processi decisionali addestrando il personale alla gestione dei rischi e ad un approccio flessibile sempre aderente all'evolversi della situazione. L'associazione di tale metodologia con una tecnologia innovativa come l'IA, consente di attuare *wargame* su scenari predittivi definiti attraverso l'elaborazione di un numero infinito di dati, anticipando l'evoluzione di situazioni future. Per fare ciò, la Difesa dovrà attuare specifiche strategie ed essere in possesso di determinate capacità, nonché avere personale in grado di operare nei nuovi ambienti grazie ad un particolare addestramento. L'applicazione dell'IA al *wargame* è un moltiplicatore di efficienza ed efficacia di quest'ultimo, che ha da sempre dimostrato la sua incisività nei processi decisionali e nella pianificazione. Se il Maggiore Generale J.M. Grierson riuscì a prevedere il Piano Schlieffen con un *wargame* senza nessun ausilio tecnologico, si pensi alle infinite possibilità e vantaggi derivanti dal combinare tale strumento con l'IA. La definizione di scenari futuri e lo studio delle possibili opzioni per affrontarli, grazie al *wargame*, allenerà i processi decisionali, ad ogni livello, non solo in relazione allo studio delle strategie di gestione/prevenzione delle crisi, ma anche allo sviluppo/acquisizione delle capacità ed equipaggiamenti necessari per fronteggiare minacce future ed operare in nuovi ambienti. In merito a ciò, appare evidente come la validità della prospettiva avanzata dal teorico militare sovietico A. Svechin sull'evoluzione dei conflitti, divenga una reale obiettivo perseguibile:

*“It is extraordinarily hard to predict the conditions of war. For each war, it is necessary to work out a particular line for its strategic conduct. Each war is a unique case, demanding the establishment of a particular logic and not the application of some template”*¹⁰⁴

Tali strumenti, infatti, possono essere impiegati non solo ai conflitti, ma a tutti gli ambiti, compresi concorsi e supporti, in cui lo strumento militare nazionale verrà chiamato ad operare. In particolare, in relazione a quanto evidenziato nell’analisi effettuata sulle quattro missioni della Difesa, sarà possibile, applicando l’IA al *wargame*, elaborare scenari predittivi, definire piani validi per affrontarli e orientare i processi decisionali in diversi ambiti. In particolare, sulla base di quanto emergerebbe dai *wargame*, la Difesa riuscirebbe a definire in anticipo le tipologie di equipaggiamenti necessari per poter operare in determinati ambienti ed orientare le decisioni nella scelta di quelli più idonei agli scenari futuri, ovvero definire i requisiti necessari e indirizzare l’industria verso paradigmi futuri come, ad esempio, la fusione bio-digitali, le protesi meccatroniche e gli esoscheletri. Equipaggiamenti e vestuari potrebbero, inoltre, essere rivisti considerando gli *stem materials*, ovvero materiali “intelligenti” in grado di fungere da sensori e attuatori, modificandosi autonomamente in funzione delle condizioni ambientali in analogia con i meccanismi biologici di auto-riparazione presenti in molti esseri viventi. Parallelamente, anche i processi decisionali, legati allo sviluppo capacitivo, godrebbero dei vantaggi dell’applicazione del *wargame* supportato dall’IA. Essi permetterebbero di orientare, in maniera oculata, l’acquisizione e lo sviluppo di capacità effettivamente necessarie e con requisiti idonei per poter fronteggiare i nuovi contesti, ottimizzando l’impiego delle risorse in maniera coerente con gli ambienti e le finalità operative, proprio come inteso da G. Douhet:

*“Fino a poco tempo fa si commise l’errore di seguire il metodo opposto. I tecnici costruttori si sbizzarrivano nella costruzione degli apparecchi, cercando fare del nuovo, poi gli apparecchi nuovi venivano consegnati a coloro che dovevano impiegarli perché li impiegassero come potevano. Ciò è semplicemente assurdo, perché è chi impiega l’arma l’unico competente a definire ciò che vuole dalla sua arma”*¹⁰⁵.

¹⁰⁴ Svechin, Alexander, *Strategy*, Kent D. Lee, 1992, p. 34.

¹⁰⁵ Douhet, Giulio, *L’arte della Guerra Aerea*.

Non di meno le decisioni riguardanti il reclutamento e l'addestramento del personale sarebbero indirizzate in maniera lineare con le necessità di impiego ed il possesso di competenze indispensabili per operare in nuovi contesti operativi nonché per gestire capacità innovative nei confronti di nuove forme di minaccia.

In merito agli interessi geostrategici, il *wargame* potrebbe essere applicato a scenari elaborati dall'IA tenendo conto di fattori economici globali, della scarsità di risorse, dei cambiamenti nella distribuzione del potere, dell'emergere di nuovi attori sulla scena internazionale. Ciò, allo scopo di identificare possibili aree di conflitto e allenare i processi decisionali volti sia ad identificare strategie di impiego dello strumento militare ovvero della postura nazionale di Difesa sia ad avviare in anticipo forme di cooperazione bilaterale con Paesi che potrebbero essere di importanza strategica per gli interessi nazionali.

In merito al ruolo della Difesa nella tutela della sicurezza interna, particolare enfasi dovrà essere inevitabilmente attribuita alle evoluzioni legate ai cambiamenti climatici ovvero alla sicurezza alimentare, la diffusione di nuove forme di malattie, la contaminazione di risorse ovvero la nascita di nuove forme biologiche che potrebbero creare forti tensioni sociali ed avere gravi ripercussioni sulla sicurezza. L'applicazione del *wargame* consentirebbe di affrontare ciascun problema da diversi punti di vista, individuando eventuali *gap* sia capacitivi sia procedurali, nonché identificando le strutture logistiche, le reti di comunicazione e le forme di cooperazione/ordinamento con gli altri dicasteri ed organizzazioni allo scopo di massimizzare l'impiego delle risorse disponibili.

Il ricorso alla combinazione di strumento e tecnologia porterà, sempre più, alla comprensione dettagliata di molteplici aspetti a supporto dello strumento militare nazionale, ottimizzando il processo di sintesi di molteplici fattori quali lo sviluppo tecnologico, l'evoluzione dei nuovi modelli concettuali di impiego e una tarata gestione delle risorse impiegabili.

L'integrazione di tecnologie autonome supportate da strumenti tesi a esercitare la capacità decisionale appare quindi un aspetto chiave dell'impiego futuro dello strumento militare. Tuttavia, emerge come le suddette innovazioni, da sempre perseguite e raggiunte nella storia dell'umanità apportino, da un lato, un vantaggio effettivo ai possessori, ma che d'altro canto l'innovazione tecnologica da sola non può cambiare il corso degli eventi se non integrata in una cultura generale aperta al cambiamento e all'innovazione e da una capacità decisionale strutturata e abile da parte dell'essere umano.

L'intelligenza artificiale modulare e l'apprendimento automatico, alla base di sistemi autonomi, è e lo sarà verosimilmente nel prossimo futuro, limitata dal *set* dei dati che un

programmatore umano integrerà nello sviluppo dell'algoritmo (quindi distorto sin dall'inizio) aprendo a diversi interrogativi di natura etica e di controllo (*accountability*).

Tutti questi elementi sono alla base di un dilemma morale per la prossima *leadership* politica/strategica. La capacità di bilanciare il processo decisionale tra l'uso indiscriminato dell'automazione o il suo confinamento cieco potrà essere raggiunta solo attraverso il ruolo consultivo di *leader* militari *senior* ed esperti che colmerà il divario tra l'uso "oracle-like" dell'autonomia e il giudizio umano personale del decisore politico/strategico.

In conclusione, l'evoluzione tecnologica e l'adozione di strumenti come il *wargame* e l'intelligenza artificiale offrono grandi opportunità per migliorare sia la pianificazione, lo sviluppo e la condotta delle attività militari sia i processi decisionali nei vari livelli ad ambiti del comparto Difesa. Tuttavia, è fondamentale considerare gli aspetti etici e il ruolo cruciale dell'essere umano nella catena decisionale affinché tali strumenti vengano utilizzati in modo efficace e responsabile. Solo attraverso un approccio equilibrato e oculato, basato su un costante aggiornamento delle competenze del personale, sull'implementazione di quadri etici e normativi, nonché sulla cooperazione civile e militare, sarà possibile sfruttare al meglio le potenzialità offerte dall'integrazione tra *wargame* e intelligenza artificiale, garantendo al contempo il perseguimento degli interessi nazionali e la sicurezza e benessere delle persone coinvolte.

BIBLIOGRAFIA

Libri

- Perla, Peter. The art of wargaming: A guide for professionals and hobbyists. Annapolis, MD: U.S. Naval Institute 1990;
- Herman, M., & Frost, M. Wargaming for Leaders: Strategic Decision Making from the Battlefield to the Boardroom, 2008.
- Mitchell, M. Intelligenza artificiale: Una guida per cittadini consapevoli. Codice Edizioni, 2019.
- Brynjolfsson, E., e McAfee, A. La nuova rivoluzione delle macchine. Feltrinelli, 2015.
- Gardner, Howard. Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences. Basic Book, 1983.
- Gardner, Howard. Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century. Basic Book, 1999.
- Russell, Stuart J., and Peter Norvig. Intelligenza Artificiale. Un approccio moderno. Edizione My Lab, 2021.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep Learning, vol. 1. MIT Press, 2016.
- Domingos, Pedro. The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. Basic Books, 2015.
- Russell, Stuart, and Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 2010.
- Shell, R. L., and E. L. Hall. Handbook of Industrial Automation. Marcel Dekker, Inc., 2000, p. 15.
- Groover, M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Pearson, 2015, p. 43.
- Burkov, Andriy. The Hundred-Page Machine Learning Book. Self-published, 2019.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.
- Géron, Aurélien. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'Reilly Media, 2019.
- Murphy, Kevin P. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press, 2012.
- Bishop, Christopher M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.

- Ertel, Wolfgang. *Fundamentals of Artificial Intelligence*. Springer-Nature New York Inc, 2011.
- Joshi, Prateek. *Artificial Intelligence with Python*. Packt Publishing, 2019.
- Bhuta, N., Beck, S., Geiss, R., Liu, H. Y., e Kreml, C. *Autonomous Weapons Systems: Law, Ethics, Policy*. Cambridge University Press, 2016.
- Rollings, A., e Adamo, E. *Fundamentals of Game Design*. Pearson, 2018.
- Zenko, M. *Red Team: How to Succeed by Thinking Like the Enemy*. Brilliance Aud., 2015.
- Herman, Mark L. and Frost, Mark D. *Wargaming for Leaders: Strategic Decision Making from the Battlefield to the Boardroom*. Rowman & Littlefield Publishers, 2009
- Sinclair, Robert J. and Williams, Anthony R. *The Future of Intelligence: Challenges and Opportunities*. Routledge, 2020
- Lindsay, Jon R. *Artificial Intelligence and International Security*. Oxford University Press, 2018
- O’Hanlon, Michael E. and Winnefeld Jr., James A. *The Science of War: Defense Budgeting, Military Technology, Logistics, and Combat Outcomes*. Princeton University Press, 2009
- Dannreuther, Roland and Ostrowski, Wojciech. *Energy Security: An Interdisciplinary Approach*. Palgrave Macmillan, 2011
- Hannon, Naeem, Al-Dubai, Ahmed, and Shahrestani, Seyed. *Artificial Intelligence and Energy: From Production to Smart Grids*. Springer, 2020

Pubblicazioni e documenti

- North Atlantic Treaty Organisation. AC/323(SAS-087)TP/345 RTO Technical Report. “NATO Guide for Judgement-Based Operational Analysis in Defence Decision Making (Guide OTAN pour l’analyse opérationnelle basée sur le jugement dans la prise de décision de défense).” Research and Technology Organisation, Analyst-Oriented Volume: Code of Best Practice for ‘Soft’ Operational Analysis, Task Group TG-034, June 2012, www.rto.nato.int/TR-SAS-087, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- The Technical Cooperation Program. “Guide for Understanding and Implementing Defence Experimentation.” Documento redatto da USA, Canada, UK e Australia, febbraio 2006.
- “NATO Alternative Analysis Handbook.” April 2017, <http://bib.opensourceintelligence.biz/STORAGE/201704%20NATO%20alternative%20analysis%20handbook.pdf>. (accesso effettuato il 04/03/2023);

- Kahneman et al. “Comprensione e processo decisionale.” Joint Doctrine Publication, UK-JPD-04, Regno Unito.
- Downes-Martin, Stephen. “Your Boss, Players and Sponsor: The Three Witches of Wargaming.” *Naval War College Review*, vol. 67, no. 1, 2014;
- Bowden, F., and Williams, P. “A Framework for Determining the Validation of Analytical Campaigns in Defence Experimentation.” 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, 1-6 Dec 2013, pp. 1131-1132.
- UK Wargaming Handbook. Op. This publication is also available on the Internet at: www.gov.uk/mod/dcdc. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Perla, Peter P. and McGrady, ED (2011) “Why Wargaming Works,” *Naval War College Review*: Vol. 64 : No. 3 , Article 8. Available at: <https://digital-commons.usnwc.edu/nwc-review/vol64/iss3/8>, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Floridi, Luciano, et al. “AI People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations” *Minds and Machines*, vol. 28, no. 4, 2018, pp. 689-707.
- LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. “Deep learning.” *Nature*, vol. 521, no. 7553, 2015, pp. 436-444.
- Mitchell, D. B., A. S. Brown, and D. R. Murphy. “Dissociations between procedural and episodic memory: Effects of time and aging.” *Psychology and Aging*, Vol. 5, No. 2, 1990, pp. 264-276.
- Cranor, L. F., S. E. Gribble, and I. S. M. Smith. “ Engineering Privacy and Security into the Internet of Things” *IEEE Security & Privacy*, vol. 13, no. 3, 2015, pp. 26-33.
- Albus, J. S. “Outline for a theory of intelligence.” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 21, no. 3, 1991, pp. 473-509.
- Premack, D. “Infant chimpanzee’s concept of others’ intentions: A preliminary report.” *Developmental Psychology*, 1978.
- Zhang, Daniel, et al. “The AI Index 2022 Annual Report.” AI Index Steering Committee, Stanford Institute for Human-Centered AI, Stanford University, March 2022. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf
- Ruppert, B. P. “Artificial Intelligence and Accountability in the Military.” *Ethical Challenges in Military Decision Making*, 2018.
- Gill, A. “Accountability for Killer Robots: Addressing the Paradox of Multiple Contributions.” *Journal of International Humanitarian Legal Studies*, 2016.

- Hellyer, M., and Sargeant, B. “The Role of Artificial Intelligence in Warfare.” *The Strategist*, 2018. Disponibile su: <https://www.aspistrategist.org.au/the-role-of-artificial-intelligence-in-warfare/>
- Docherty, B. “Autonomous Weapons Systems: The Need for Accountability and Transparency.” *Harvard International Law Journal*, 2016.
- Arciszewski, T. “Ethical and Legal Issues Surrounding the Use of Autonomous Systems by the Military.” *Journal of Military Ethics*, 2019.
- David, P. K., e Bracken, P. “Artificial intelligence for wargaming and modeling.” *Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, n. 1–16, SAGE, 2022.
- Jensesn, B., Cuomo, S., e Whyte, C. “Wargaming with ATHENA: how to make militaries smarter, faster, and more efficient with Artificial Intelligence.” *War on the Rocks*, 2018. <https://warontherocks.com/2018/06/wargaming-with-athena-how-to-make-militaries-smarter-faster-and-more-efficient-with-artificial-intelligence/>
- de Rosa, F. *Knowledge Acquisition Analytical Games: Games for Cognitive Systems Design*. Ph.D. dissertation, University of Genoa, Italy, 2020.
- Endsley, R. M. “Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems.” *Human Factors*, vol. 37, no. 1, pp. 32–64, 1995.
- Jouselme, A.-L., Pallotta, G., e Locke, J. “Risk Game: Capturing Impact of Information Quality on Human Belief Assessment and Decision Making.” *International Journal of Serious Games*, vol. 5, no. 4, pp. 23–44, 2018.
- de Rosa, F., Jouselme, A.-L., e De Gloria, A. “A Reliability Game for Source Factors and Situational Awareness Experimentation.” *International Journal of Serious Games*, vol. 5, no. 2, pp. 45–64, 2018.
- de Rosa, F., De Gloria, A., e Jouselme, A.-L. “Analytical Games for Knowledge Engineering of Expert Systems in Support to Situational Awareness: The Reliability Game Case Study.” *Expert Systems with Applications*, vol. 138, pp. 112800–112811, 2019.
- de Rosa, F., e De Gloria, A. “An Analytical Game for Knowledge Acquisition for Maritime Behavioral Analysis Systems.” *Applied Science*, vol. 10, no. 2, p. 591, 2020.
- de Rosa, F., e Strode, C. *Lessons Learned from Autonomous ASW TTX*. NATO Science & Technology Organisation, Centre for Maritime Research and Experimentation, in press, no. MR.2020.013.
- Allied Administrative Publication (AAP) – 06. *NATO Glossary of Terms and Definition*. Ed. 2021.

- Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA). “AlphaDogfight Trials Foreshadow Future of Human-Machine Symbiosis.” 2020. <https://www.darpa.mil/news-events/2020-08-26>
- Privitera, S. “L’IA ha umiliato un pilota di caccia in un duello aereo in soli 90 secondi.” 2023. <https://tech.everyeye.it/amp/notizie/ia-umiliato-pilota-caccia-duello-aereo-soli-90-secondi-638396.html>
- “The Navy’s New Drone Swarm Heralds a Future of Autonomous Warfare.” 2018. <https://www.defenseone.com/technology/2018/12/navys-new-drone-swarm-heralds-future-autonomous-warfare/153198/> e descrizione del UUV: <https://www.aniwaa.com/product/drones/aquabotix-swarmdive/>
- South, T. “How the Army Wants to Use Artificial Intelligence to Hit Targets.” 2021. <https://www.c4isrnet.com/search/Army%20Artificial%20intelligence/>
- Zhou, Z., Zhiying, L., e Li, L. “A Meta-analysis of Watson for Oncology in Clinical Application.” 2021. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33707577/>
- “How Uber Uses Machine Learning to Predict Rider Demand and Improve the Customer Experience.” Medium, 2018. <https://medium.com/tech-at-uber/how-uber-uses-machine-learning-to-predict-rider-demand-and-improve-the-customer-experience-5b6a709383e3>
- “Uber’s Approach to Machine Learning — A Practical Walkthrough Part 4.” Towards Data Science, 2018. <https://towardsdatascience.com/ubers-approach-to-machine-learning-a-practical-walkthrough-part-4-different-approaches-to-ccf09a769d31>
- Nash, A. “Introducing Wealthfront 3.0.” 2016. <https://www.wealthfront.com/blog/introducing-new-dashboard/>
- McLeary, P. “Pentagon’s Big AI Program, Maven, Already Hunts Data in Middle East, Africa.” Breaking Defense, 01/05/2018. <https://breakingdefense.com/2018/05/pentagons-big-ai-program-maven-already-hunts-data-in-middle-east-africa/>
- Taylor, D. “AI gaming to assist U.S. Air Force commanders with air attack planning”. Military Embedded System, 9 Nov. 2022, <https://militaryembedded.com/ai/big-data/ai-gaming-to-assist-us-air-force-commanders-with-air-attack-planning>.
- Helfrich, E. “Wargaming center prototype in development for USMC”. Military Embedded System, 14 Ago. 2020, <https://militaryembedded.com/ai/big-data/wargaming-center-prototype-in-development-for-usmc>.
- Maxwell, Daniel T. “An Overview of The Joint Warfare System (JWARS)”. MITRE Corporation, July 2000, pp. 2-15.
- Stato Maggiore Esercito. Circ. 7015 II Wargaming. Ed. 2019.

- Allied Joint Doctrine for the Planning of Operations (AJP-5). Ed. A V. 2 maggio 2019; Comprehensive Operations Planning Directive (COPD) V. 3.0 gennaio 2021; Tactical Planning for Land Forces (APP-28) Ed. 1 V.1 novembre 2019.
- AJP/PID-5, La pianificazione delle operazioni. Ed. 2022.
- Esercitazione Quadri (EQ/Tactical Decision Exercise - TDX) e Esercitazioni per Posti Comando (EPC/Command Post Exercise - CPX).
- Stato Maggiore dell'Esercito, Future Operating Environment post 2035 – Implicazioni per lo strumento militare terrestre
- Goldman, Emily O. and Arquilla, John. Using War Gaming to Develop Strategy for Energy Security. RAND Corporation, 2014
- Riddle, Mark A. Scenario Planning and Wargaming: The Importance of Predictive Analytics in Energy. The Journal of Energy Security, vol. 2, no. 1, 2011, pp. 1-12

Articoli internet

- Ongaro, F. “Blue Team Cybersecurity.” Information Security Group, 13 Apr. 2020, <https://www.isgroup.it/it/cyber-security/blue-team-cybersecurity.html>, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Cyber Security News Team. “Red Team vs Blue Team Operations: How Does it Works?” Cybersecurity News, <https://cybersecuritynews.com/red-team-and-blue-team/>, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Mezzano, M. “Ready For A Serious Game?” Portail de l’EI, 5 Jul. 2018, <https://portail-ie.fr/analysis/1909/jdr-ready-for-a-serious-game>, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Rugolo, A. “Serious games e war games.” difesaonline, <https://www.difesaonline.it/mondo-militare/serious-games-e-war-games>, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Manoogian III, J. and Benson, B. See 188 Different Cognitive Biases in One Picture from DesignHacks.Co at <https://www.designhacks.co/products/cognitive-bias-codex-poster?variant=28329927043>, https://www.huffpost.com/entry/map-of-cognitive-biases_n_57e40b0fe4b0e28b2b52b3ec, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- TASS Russian News Agency. “Russian scientists to develop virtual training system for army”. TASS, 23 Mar. 2022, <https://tass.com/defense/1437870>. (accesso effettuato il 04/03/2023);

- Fisher, Richard. “Assassin’s Mace”. StrategyPage.com, 23 Feb. 2015, <http://www.strategypage.com/%5Chtmlw%5Chtweap%5Carticles%5C20150223.aspx>. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Privitera, S. “L’IA ha umiliato un pilota di caccia in un duello aereo in soli 90 secondi”. <https://tech.everyeye.it/notizie/ia-umiliato-pilota-caccia-duello-aereo-soli-90-secondi-638396.html> (accesso effettuato il 04/03/2023);

Altri siti

- European People – European Model United Nations: https://europeanpeople.org/products/emun?gclid=CjwKCAjwq-WgBhBMEiwAzKSH6FnLwd9VH7Ji4NrD35FRf6Z_K5hLb1712aVTgODh2dwmiPKMNq1JxoCfU0QAvD_BwE&variant=44116750172477 (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Nielsen, Michael. Neural Networks and Deep Learning. <http://neuralnetworksanddeeplearning.com> (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Business Intelligence Group. <https://www.businessintelligencegroup.it> (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Interesting Engineering. <https://interestingengineering.com/innovation/tech-leaders-have-strong-opinions-on-artificial-intelligence> (accesso effettuato il 04/03/2023);
- International Data Corporation (IDC). “Worldwide Semiannual Artificial Intelligence Tracker.” Gennaio 2022. https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P37251 (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Osservatori Digital Innovation. L’innovazione digitale a 360 gradi. <https://www.osservatori.net/> (accesso effettuato il 04/03/2023);
- DARPA. “AGI-Powered Wargaming System.” <https://www.darpa.mil/program/agi-powered-wargaming-system>, (accesso effettuato il 04/03/2023);
- China National Industrial Group Corp (CNIGC). www.cnigc.com.cn/en/index.asp. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Chinese Academy of Sciences. www.english.cas.cn/newsroom/research_news/202104/t20210419_194100.shtml. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Kalashnikov Concern. www.kalashnikov.com/. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Ministry of Defence. www.gov.uk/government/organisations/ministry-of-defence. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Thales Group. www.thalesgroup.com/. (accesso effettuato il 04/03/2023);
- Sviluppo Ia. www.sviluppoia.it/it. (accesso effettuato il 04/03/2023).

I ruoli del Wargame¹⁰⁶

Il “**Game Sponsor**”: ha l’autorità di condurre una simulazione. Le sue responsabilità includono la definizione degli obiettivi, la selezione del team di progettazione del gioco, lo sviluppo del piano di gioco, la coordinazione della raccolta e dell’analisi dei dati, la selezione dei partecipanti, la conduzione della simulazione in modo equo, la raccolta e l’analisi delle lezioni apprese e il trasferimento dei risultati al contesto operativo reale per migliorare le capacità **dell’unità**.

Il “**Game Director**”: rappresenta il “Game Sponsor” ed è responsabile della gestione del gioco durante la simulazione. Le sue responsabilità includono la conduzione del gioco in conformità con le regole, la coordinazione delle azioni dei giocatori, l’identificazione e la risoluzione di eventuali problemi, la raccolta delle lezioni apprese durante il gioco e la coordinazione delle interazioni tra i giocatori e le parti interessate.

“**Wargame team**” è composto da:

- Lo “**Sponsor Representative**”: è un membro del *team* di gioco che rappresenta gli interessi e le esigenze del “Game Sponsor”. Le sue responsabilità includono assicurarsi che le decisioni e le azioni del team di gioco siano coerenti con gli obiettivi e le esigenze del “Game Sponsor”, comunicare i risultati e le lezioni apprese del gioco al “Game Sponsor” e alle parti interessate, supportare il “Game Sponsor” nell’elaborazione delle decisioni e nell’attuazione delle azioni necessarie per trasferire i risultati del gioco al contesto operativo reale, e supportare il “Game Sponsor” e il “Game Director” nella risoluzione dei problemi e nella gestione delle questioni durante e dopo la simulazione;
- Il “**Designer**” è responsabile della progettazione della simulazione, compreso lo sviluppo del piano di gioco, dei scenari e della rappresentazione delle forze e delle risorse utilizzate durante la simulazione. Assicura che le regole e i metodi utilizzati siano coerenti con gli obiettivi e le esigenze del “Game Sponsor” e coordina le interazioni tra i giocatori e le parti interessate. Supporta, inoltre, il “Game Director” nella conduzione del gioco e nell’identificazione e risoluzione di eventuali problemi;
- Gli **analisti** sono responsabili dell’analisi dei risultati e delle lezioni apprese durante la simulazione. Essi raccolgono e analizzano i dati e le informazioni raccolte durante il gioco, conducendo valutazioni e analisi dei risultati per identificare le lezioni apprese. Forniscono, altresì, supporto al “Game Sponsor” e al “Game Director” nell’identificazione dei problemi e nella risoluzione delle questioni, nell’elaborazione

¹⁰⁶ UK Wargaming Handbook, op.cit. pag. 29-33.

delle decisioni e nell'attuazione delle azioni necessarie per trasferire i risultati del gioco al contesto operativo reale. Infine, producono relazioni e presentazioni sui risultati e le lezioni apprese del gioco per migliorare le capacità dell'unità;

- Gli **esperti di simulazione** sono responsabili della creazione, sviluppo e condotta della simulazione. Ciò include la gestione della piattaforma di simulazione e del software, il supporto al Designer e al Game Director nella creazione e sviluppo del piano di gioco e degli scenari, il supporto alla raccolta e analisi dei dati e delle informazioni raccolte durante la simulazione e l'identificazione e risoluzione di eventuali problemi tecnici durante la simulazione. Gli esperti di simulazione forniscono, inoltre, supporto al Game Sponsor e al Game Director nell'elaborazione delle decisioni e nell'attuazione delle azioni necessarie per trasferire i risultati del gioco al contesto operativo reale;
- Il "**Game Controller**": supporta il "*Game Director*" nella conduzione del gioco, assicurando che tutte le regole e le procedure siano seguite. Si occupa della gestione e del controllo del flusso del gioco e dei suoi elementi durante la simulazione, assicurando che i giocatori rimangano allineati con gli obiettivi e le esigenze del "*Game Sponsor*" e che i problemi siano risolti tempestivamente. Supporta gli analisti nella raccolta e analisi dei dati e delle informazioni raccolte durante la simulazione.

I **giocatori**: rappresentano le forze, gli enti o le parti interessate coinvolti nella simulazione. Sono classificati con un codice colore peculiare:

- "**Blue**": forze amiche ovvero forze che rappresentano gli interessi dell'organizzazione o del Paese per cui si sta conducendo la simulazione. Possono rappresentare un singolo reparto o unità, o una coalizione di forze;
- "**Red**": forze avversarie ovvero forze che rappresentano gli interessi del nemico immaginario o potenziale per cui si sta conducendo la simulazione. Può rappresentare un singolo reparto o unità, o una coalizione di forze e può essere condotta da un singolo individuo o un'equipe di giocatori, a seconda della complessità della simulazione e degli obiettivi del wargame;
- "**Orange**": forze neutrali ovvero non coinvolte nello scenario di simulazione. Non agisce in modo volontariamente ostile verso i "*blue*" o i "*red*" e può essere utilizzato per rappresentare organizzazioni o gruppi di interesse che potrebbero influire sullo scenario;
- "**Black**": forze imprevedibili o incontrollabili, come eventi naturali o incidenti accidentali che possono influire sullo scenario di simulazione in modo imprevedibile (terremoto, uragano, errore umano, malfunzionamento tecnico);

Allegato B

- “Green”: forze della coalizione o alleate dei “blue” ovvero le forze della popolazione civile che supportano i “blue”. Agiscono in modo coerente con gli interessi dei “blue” e rappresentano le forze di un’altra Nazione o organizzazione che sta lavorando insieme ai “blue” per raggiungere gli obiettivi dello scenario. Possono essere utilizzati per testare la cooperazione e la comunicazione tra le forze alleate nell’ambito di una simulazione di una crisi internazionale. ad esempio;
- “Brown”: forze paramilitari o di guerriglia che possono agire in modo indipendente o essere supportate da uno dei *player* principali e possono avere obiettivi e interessi diversi rispetto alle forze principali;
- “White”: forze neutre o non coinvolte nello scenario di simulazione, simili al *player* “orange” che agiscono in modo volontariamente ostile e rappresentano organizzazioni o gruppi di interesse che potrebbero influire sullo scenario, come le forze della popolazione civile, organizzazioni internazionali, Paesi terzi o gruppi di attivisti, anche le forze dell’ordine o le forze di soccorso che non sono coinvolte direttamente nel conflitto, ma che potrebbero essere coinvolte nell’operazione.

Le caratteristiche di funzionamento del wargame¹⁰⁷

L'**avversario**: rappresenta la controparte ostile o l'entità (altra Nazione, gruppo terrorista, organizzazione criminale) contro cui si sta simulando un conflitto, descritto attraverso uno scenario di minaccia, che comprende capacità, intenzioni e obiettivi, in modo da fornire una base realistica per la simulazione (basata sull'analisi dell'informazione operativa o sulle conoscenze pregresse).

La **casualità**: può essere utilizzata per incorporare imprevedibilità nell'ambiente operativo e nelle azioni dell'avversario ed aumentare il realismo, attraverso l'utilizzo di dadi, generatori di numeri casuali oppure un modello di comportamento dell'avversario basato sull'intelligenza artificiale.

L'**incertezza**: serve a rendere la simulazione più realistica poiché nella realtà la conoscenza precisa su molti fattori è spesso limitata o incerta. Può essere introdotta per rappresentare la mancanza di conoscenza precisa su fattori come le capacità dell'avversario, le intenzioni, le azioni future, la disponibilità delle risorse, le condizioni meteorologiche, etc. Per simularla si può ricorrere all'utilizzo di scenari alternativi per le azioni future o di modelli di previsione per le condizioni meteorologiche.

Il **primato delle decisioni dei giocatori**: le decisioni prese dai giocatori hanno priorità rispetto a quelle del sistema di simulazione o della regolamentazione. I giocatori hanno quindi la libertà di decidere come agire in una situazione simulata, ciò consente di testare la capacità dei comandanti e del personale di prendere decisioni efficaci in situazioni imprevedibili e dinamiche e migliorare la loro abilità nell'affrontare situazioni reali in futuro.

Il **controllo**: il livello di sorveglianza, gestione e manipolazione del sistema di gioco e dei suoi parametri può essere:

- controllo di alto livello: in cui il facilitatore gestisce attivamente il gioco e i suoi esiti. Ciò può consentire di mantenere l'attenzione del gioco su obiettivi specifici, ma può anche limitare la capacità dei giocatori di esplorare tutte le opzioni e scenari possibili;
- controllo di basso livello: in cui i giocatori hanno maggiore autonomia e libertà per prendere decisioni e agire. Ciò può fornire un'esperienza più realistica e aperta, ma può anche rendere più difficile valutare e misurare le prestazioni dei giocatori o i risultati del gioco.

Il livello di controllo scelto per un wargame dipenderà dagli obiettivi del gioco, dall'utenza e dalle risorse disponibili.

¹⁰⁷ UK *Wargaming Handbook*, op.cit., pag. 19-29.

Il “**safe to fail**”: la possibilità di sperimentare e apprendere dall’insuccesso senza conseguenze negative per le operazioni reali o per la sicurezza dei partecipanti. Ciò consente ai giocatori di esplorare idee e opzioni rischiose senza temere di causare danni irreparabili, nonché di apprendere dalle proprie azioni e dalle azioni degli avversari.

L’**engagement**: il grado di coinvolgimento e partecipazione dei giocatori nella simulazione, sia a livello mentale che fisico, può essere raggiunto attraverso la creazione di situazioni realistiche, la fornitura di informazioni dettagliate e la progettazione di un’interfaccia intuitiva per la comunicazione e la gestione delle decisioni. Un alto livello di engagement garantisce che i giocatori siano concentrati e motivati e che le decisioni prese siano realistiche e pertinenti rispetto alla situazione simulata.

I “**processes**”: il sistema di regole, procedure e metodi utilizzati per condurre la simulazione e valutare i risultati. Un processo ben progettato e implementato garantisce che i giocatori siano in grado di comprendere e seguire le regole del gioco, che le risorse siano utilizzate in modo efficiente e che le decisioni prese siano realistiche e pertinenti rispetto alla situazione simulata.

Il **contesto**: comprende l’ambiente politico, economico, sociale e culturale (scenari di gioco realistici che includono informazioni esterne rilevanti) che circonda la situazione operativa simulata utile per consentire ai giocatori di comprendere le influenze esterne, che potrebbero avere un impatto sulla situazione operativa, e di valutare le loro azioni e decisioni in relazione ad esso.

L’**economicità**, la frequenza e la scala ridotta della simulazione: permette di condurre più simulazioni in modo efficiente e frequente, senza dover investire grandi quantità di risorse, quindi testando e valutando più opzioni e scenari in un breve periodo di tempo, ma anche migliorando la comprensione della situazione simulata e la capacità di prendere decisioni efficaci.

Le **simulazioni di supporto**: l’utilizzo di simulazioni ausiliarie possono essere utilizzate per valutare aspetti specifici della situazione operativa, come ad esempio la logistica, la comunicazione, la previsione del tempo e l’uso delle risorse. Queste simulazioni possono essere utilizzate anche per generare dati e informazioni per la valutazione delle prestazioni dei giocatori e dei risultati del gioco.

La **trasparenza**: il grado di chiarezza e comprensibilità delle regole, delle procedure e dei metodi utilizzati per condurre la simulazione garantisce che i giocatori comprendano e seguano le regole del gioco, che le risorse siano utilizzate in modo efficiente e che le decisioni prese siano realistiche e pertinenti rispetto alla situazione simulata.

L'**analisi**: il processo di valutazione e interpretazione dei risultati del gioco, delle decisioni prese dai giocatori, delle prestazioni delle forze simulate, dell'utilizzo delle risorse e degli effetti delle azioni. Tale processo consente di estrarre informazioni e conclusioni utili per il miglioramento delle capacità dell'unità e della comprensione della situazione simulata, fatta da un team dedicato o dai giocatori stessi, sia durante che dopo la simulazione. Consente di identificare le opportunità di miglioramento, di sviluppare nuove teorie e di creare una comprensione più profonda della situazione simulata.

Le "**Lessons Identified**": processo di identificazione e raccolta delle lezioni identificate e poi apprese durante la simulazione riguardanti le decisioni prese dai giocatori, le prestazioni delle forze simulate, l'utilizzo delle risorse, l'effetto delle azioni e qualsiasi altro aspetto ritenuto rilevante per il miglioramento delle capacità dell'unità. La raccolta delle lezioni apprese è importante perché consente di trasferire gli apprendimenti acquisiti durante la simulazione al contesto operativo reale e di utilizzarli per migliorare le capacità dell'unità.

Teoria delle Intelligenze Multiple

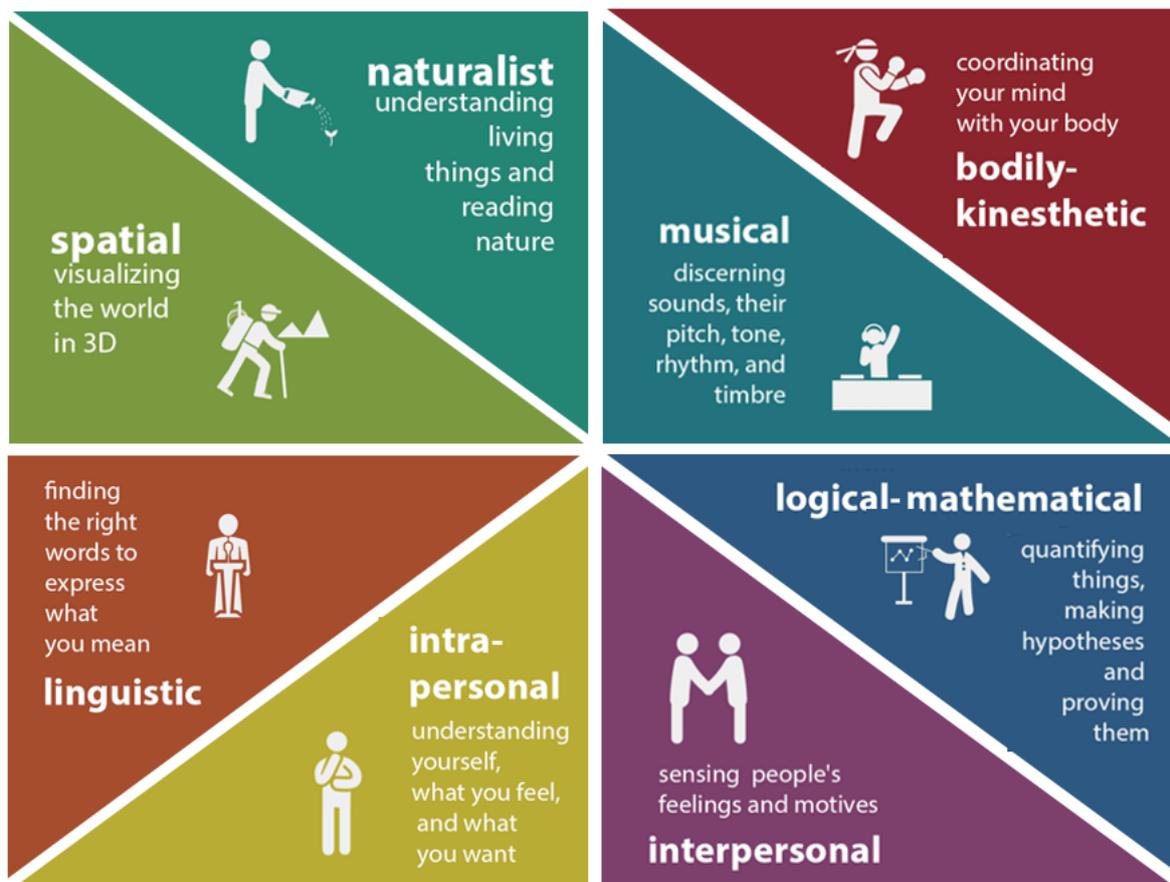


Fig. 5 - H. Gardner's *Theory of Multiple Intelligences*.

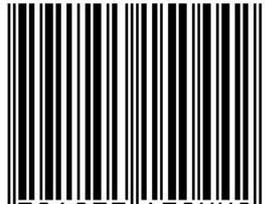
Fonte: <https://www.rotation.org/topic/the-worm-and-learning-senses-the-multiple-intelligence-theory-of-learning>

La Teoria delle Intelligenze Multiple, proposta da H. Gardner, ricorre alla definizione di otto intelligenze principali:

- linguistica;
- logico-matematica;
- spaziale;
- musicale;
- corporea-cinestetica;
- naturalistica;
- interpersonale;
- intrapersonale.

Tale teoria è stata oggetto di dibattito e critica da parte di alcuni studiosi, di contro, ha influenzato, nel corso degli anni, la pedagogia e la pratica educativa in tutto il mondo, contribuendo alla creazione di programmi scolastici più diversificati e personalizzati.

ISBN 979-12-5515-044-2



9 791255 150442