

Titolo originale: "Weather as a Force Multiplier: Owning the Weather in 2025" (August 1996).
Traduzione in italiano a cura di nogeoringegneria.com (febbraio 2014)

Il tempo atmosferico come moltiplicatore della forza: possedere il tempo entro il 2025



Un documento di ricerca presentato alla:

Air Force 2025

da

Col Tamzy J. House

Lt Col James B. Near, Jr.

LTC William B. Shields (USA)

Maj Ronald J. Celentano

Maj David M. Husband

Maj Ann E. Mercer

Maj James E. Pugh

Agosto 1996

Clausola di esonero di responsabilità

2025 è uno studio elaborato in conformità con una direttiva del capo di stato maggiore dell'Aeronautica Militare con il fine di esaminare i concetti, le capacità e le tecnologie necessari perché gli Stati Uniti rimangano in futuro la forza aerea e spaziale dominante. Presentato il 17 giugno 1996, questo rapporto è stato prodotto negli ambienti scolastici espressione di libertà accademica del Dipartimento della Difesa e nell'interesse di portare avanti concetti correlati alla difesa nazionale. Le opinioni espresse nel presente rapporto sono quelle degli autori e non riflettono la politica ufficiale o la posizione dell'Aeronautica degli Stati Uniti, del Dipartimento della Difesa, o del governo degli Stati Uniti. Questo rapporto contiene rappresentazioni fittizie di future situazioni/scenari. Qualsiasi riferimento a persone o fatti realmente accaduti, diversi da quelli espressamente citati, non sono intenzionali e hanno lo scopo di sola illustrazione.

Questa pubblicazione è stata sottoposta a revisione dalle autorità della sicurezza e da quelle politiche, è non classificata, ed è stata approvata per la diffusione al pubblico.

Sommario

<i>Capitolo</i>	<i>Pagina</i>
Clausola di esonero di responsabilità.....	2
Illustrazioni.....	4
Tabelle.....	4
Ringraziamenti.....	5
Riepilogo operativo.....	6
1 Introduzione.....	9
2 Capacità richiesta.....	11
Perché sarebbe desiderabile giocare con il tempo atmosferico?.....	11
Cosa si intende per “modificazione del tempo atmosferico”?.....	12
3 Descrizione del sistema.....	15
La rete meteorologica globale.....	15
Applicazione delle modifiche del tempo alle operazioni militari.....	16
4 Concetto di operazioni.....	19
Le precipitazioni	19
La nebbia.....	21
Le tempeste.....	23
Sfruttamento dello “spazio vicino” per il controllo dello Spazio.....	24
Opportunità fornite dalla modificazione al tempo atmosferico dello spazio	24
Dominio delle comunicazioni attraverso la manipolazione della ionosfera.....	25
Il tempo atmosferico artificiale.....	30
Sintesi del concetto di operazioni.....	30
5 Raccomandazioni per la ricerca.....	32
Come possiamo arrivarci partendo dal presente?	32
Conclusioni.....	34
Appendice	
A) Perché la ionosfera è importante?	35
B) Ricerca per una migliore comprensione e previsione degli effetti ionosferici	37
C) Acronimi e definizioni.....	38
Bibliografia.....	39

Illustrazioni

<i>Figura</i>	<i>Pagina</i>
3-1. Rete metereologica globale.....	16
3-2. Sistema militare delle operazioni di modificazione del tempo.....	17
4-1. Metodo a fasci incrociati per la generazione di uno specchio ionosferico artificiale	26
4-2. Comunicazioni <i>point-to-point</i> tramite gli specchi ionosferici artificiali.....	27
4-3. Concetto di sorveglianza oltre l'orizzonte tramite uno specchio ionosferico artificiale.....	28
4-4. Scenari relativi al disturbo delle telecomunicazioni.....	29
5-1. Tabella di marcia della capacità di base di modificazione al meteo entro il 2025.....	32
5-2. Tabella di marcia dei sistemi di sviluppo delle modifiche al tempo entro il 2025.....	33

Tabelle

<i>Tabella</i>	<i>Pagina</i>
1 Matrice delle capacità operative.....	7

Ringraziamenti

Esprimiamo il nostro apprezzamento a Mr. Mike McKim dell'Air War College, che ci ha messo a disposizione un ricco bagaglio di competenze tecniche e di idee innovative che hanno contribuito significativamente al nostro progetto. Siamo inoltre particolarmente grati per il sostegno ricevuto dalle nostre famiglie durante questo progetto di ricerca. La loro comprensione e pazienza durante questo periodo è stata fondamentale per il successo del progetto.

Riepilogo operativo

Nel 2025, le forze aerospaziali degli Stati Uniti potranno "possedere il tempo atmosferico", investendo nelle tecnologie emergenti e puntando sullo sviluppo di quelle tecnologie che hanno applicazioni belliche. Tale capacità offre ai militari gli strumenti per modellare il campo di battaglia in modi prima impensabili. Essa offre l'opportunità di influenzare le operazioni attraverso l'intera gamma di scenari di guerra ed è attinente a qualsiasi scenario futuro possibile.

Lo scopo di questo documento è definire una strategia per un impiego futuro di un sistema di modificazione del tempo allo scopo di conseguire gli obiettivi militari , oltre che fornire un percorso di sviluppo tecnico dettagliato . Impresa ad alto rischio, e ad alta remunerazione, la modificazione del tempo offre un dilemma non diverso dalla scissione dell'atomo.

Mentre alcuni segmenti della società saranno sempre restii ad esaminare argomenti controversi come la modificazione del meteo, le tremende capacità militari che potrebbero derivarne, vengono ignorate, a nostro rischio e pericolo.

Dal potenziamento delle operazioni amiche fino alla distruzione di quelle nemiche attraverso la manipolazione su piccola scala delle condizioni naturali del meteo in modo da conseguire il dominio delle comunicazioni a livello globale e il controllo del contro spazio , la modificazione del tempo offre al combattente un'ampia gamma di possibili opzioni per sconfiggere o ridurre alla ragione un avversario. Alcune delle capacità potenziali che un sistema di modificazioni meteorologiche può fornire al comandante in capo di una forza combattente (CINC) sono elencate nella tabella 1.

Al fine di ottenere una completa capacità di modificare il tempo atmosferico sono necessari una serie di sviluppi tecnologici in cinque aree principali: (1) tecniche avanzate non lineari di modellistica, (2) capacità di calcolo, (3) raccolta di informazioni e trasmissione, (4) un apparato di sensori globali, e (5) tecniche di intervento sul meteo. Ad oggi esistono alcuni strumenti di intervento e altri possono essere sviluppati e perfezionati nel futuro.

Tabella 1

Matrice delle capacità operative

INDEBOLIRE LE FORZE DEL NEMICO	RAFFORZARE LE FORZE AMICHE
Accrescimento delle precipitazioni	Annullamento delle precipitazioni
- Allagare le linee di comunicazione	- Mantenere/migliorare la LOC
- Ridurre l'efficacia delle PGM/ricognizioni	- Mantenere la visibilità
- Far calare il livello di benessere/del morale	- Mantenere il livello di benessere/del morale
Aumento della tempesta	Modificazione delle tempeste
- Impedire le operazioni	- Scegliere l'ambiente del campo di battaglia
Annullare le precipitazioni	Tempo atmosferico spaziale
- Negare l'acqua dolce	- Migliorare l'affidabilità delle comunicazioni
- Indurre la siccità	- Intercettare le trasmissioni nemiche
Tempo atmosferico spaziale	- Rivitalizzare le risorse spaziali
- Interrompere le comunicazioni/radar	Creazione di nebbia e nuvole
- Disattivare/distuggere le risorse spaziali	- Aumentare la capacità di nascondersi
Rimozione della nebbia e delle nubi	Rimozione della nebbia e delle nubi
- Impedire di nascondersi	- Mantenere le operazioni aeree
- Aumentare la vulnerabilità delle PGM/ricognizioni	- Migliorare l'efficacia delle PGM
Rilevare le attività meteorologiche ostili	Difendersi dalle capacità del nemico

Le attuali tecnologie, che matureranno nel corso dei prossimi 30 anni, offriranno, a chiunque abbia le risorse necessarie, la possibilità di modificare le condizioni meteorologiche ed i loro relativi effetti, almeno su scala locale. Le attuali tendenze demografiche, economiche e ambientali creeranno tensioni globali che forniranno l'impulso necessario a molti paesi o gruppi per trasformare questa possibilità di modificazione del tempo atmosferico in una capacità. Negli Stati Uniti, la modificazione del tempo diventerà verosimilmente una parte della politica di sicurezza nazionale con applicazioni, sia nazionali che internazionali. Il nostro governo perseguirà questa politica, a seconda dei suoi interessi, a vari livelli. Questi livelli potrebbero includere delle azioni unilaterali, la partecipazione in strutture di sicurezza come la NATO, la partecipazione a un'organizzazione internazionale come l'ONU, o la partecipazione ad una coalizione. Partendo dal presupposto che nel 2025 la nostra strategia di sicurezza nazionale comprenderà la modificazione del tempo atmosferico, il suo utilizzo nella nostra strategia militare nazionale sarà una naturale conseguenza. Oltre ai benefici significativi che tale capacità operativa fornirebbe, un'altra ragione per perseguire l'obiettivo di modificazione del meteo è quella di usarlo come deterrente e contrastare gli avversari potenziali.

In questo lavoro dimostriamo che l'applicazione appropriata delle modifiche al tempo possono portare a dominare il campo di battaglia a un livello mai immaginato prima. In futuro, tali operazioni potranno migliorare la superiorità aerea e

spaziale, e fornire nuove opzioni per la definizione e la conoscenza del campo di battaglia.¹ "La tecnologia è là, attende solo che la mettiamo insieme"²; nel 2025 possiamo "possedere il tempo atmosferico".

Note

1 Le capacità di modificazione del tempo descritte in questo documento sono coerenti con gli ambienti operativi e le missioni rilevanti per le forze aerospaziali nel 2025, come definite da AF/LR, un ufficio di programmazione nel lungo periodo che riporta al CSAF [basato sul documento in Power Point dell'AF/LR "Air and Space Power Framework for Strategy Development (jda-2lr.ppt)]."

2 General3 Gordon R. Sullivan, "Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization," *Military Review* (July 1993) quoted in Mary Ann Seagraves and Richard Szymber, "Weather a Force Multiplier," *Military Review*, November/December 1995, 75.

Capitolo 1

Introduzione

Scenario: immaginate che nel 2025 gli Stati Uniti stiano combattendo un cartello della droga in Sud America ricco, ma anche consolidato e politicamente potente. Il cartello ha assoldato centinaia di mercenari russi e cinesi che hanno contrastato con successo i nostri tentativi di attaccare i loro impianti di produzione. Con la loro superiorità numerica locale e le linee interne, il cartello sta lanciando più di 10 velivoli per ognuno dei nostri. Inoltre, il cartello utilizza il *system probatoire d'observation de la terre* (SPOT), il sistema francese di posizionamento e tracciamento delle immagini che nel 2025 è in grado di trasmettere quasi in tempo reale, immagini multi-spettrali con risoluzione di un metro. Gli Stati Uniti intendono impegnare il nemico su un campo di gioco irregolare, al fine di sfruttare appieno il potenziale dei nostri aerei e delle munizioni .

Le analisi meteorologiche rivelano che il Sud America equatoriale ha in genere temporali pomeridiani quotidiani per tutto l'anno. La nostra intelligence ha confermato che i piloti del cartello sono riluttanti a volare dentro o vicino ai temporali. Pertanto, il nostro elemento di supporto alla forza meteo (WFSE), che è una parte del centro operazioni aeree (AOC) del comandante in capo (CINC), ha il compito di prevedere i percorsi dei temporali e innescare o intensificare le celle temporalesche su aree bersaglio critiche che il nemico deve difendere con i suoi velivoli. Dato che nel 2025 i nostri aerei disporranno di tutte le funzionalità meteo, la minaccia temporale sarà minima per le nostre forze, e potremmo controllare efficacemente e in modo decisivo il cielo sopra il bersaglio .

Il WFSE ha i sensori e le capacità di comunicazione necessari per osservare, rilevare, e agire sui bisogni di modifiche al meteo a supporto degli obiettivi militari statunitensi. Queste funzionalità sono parte di un avanzato sistema di gestione del campo di battaglia che supporta il CINC di guerra. Nel nostro scenario, il CINC ordina al WFSE di condurre l'intensificazione della tempesta e le operazioni di occultamento. Il WFSE modella le condizioni atmosferiche per prevedere, con un'attendibilità del 90%, la probabilità di successo della modifica attraverso l'utilizzo di nuvole generate per via aerea e la loro inseminazione.

Nel 2025, per le operazioni di modificazione del tempo, saranno abitualmente utilizzati velivoli drone (UAV – unhabitated aerospace vehicles).

Incrociando i tempi di attacco richiesti con le previsioni del vento, dei temporali e l'orbita definita del satellite SPOT, il WFSE genererà profili di missione per ciascun drone (UAV). Il WFSE guiderà in remoto ogni drone usando informazioni che gli giungono quasi in tempo reale da un apparato di sensori in rete tra di loro.

Prima dell'attacco, che è coordinato con le condizioni meteorologiche previste, i droni (UAV) iniziano la generazione di

nuvole e le operazioni di semina. I droni dissipano uno scudo di cirri per impedire la visuale al nemico e la sorveglianza a infrarossi (IR). Contemporaneamente, i riscaldatori a microonde producono una scintillazione localizzata per disturbare il rilevamento attivo tramite i sistemi radar ad apertura sintetica (SAR), come quello canadese di rilevamento assistito dal satellite per la ricerca e il soccorso disponibile in commercio (SARSAT), che sarà ampiamente disponibile nel 2025. Altre operazioni di semina delle nuvole causeranno lo sviluppo di temporali che si intensificheranno sopra il bersaglio, limitando pesantemente la capacità del nemico di difendersi. Il WFSE monitora l'intera operazione in tempo reale e annota il completamento di un'altra missione molto importante, se non che di routine nel campo della modificazione del tempo atmosferico .

Questo scenario può sembrare inverosimile, ma per il 2025 rientrerà nel ventaglio delle possibilità. Il prossimo capitolo esplora le ragioni per la modificazione del meteo, definisce il campo di applicazione, ed esamina le tendenze che la renderà possibile nei prossimi 30 anni.

Capitolo 2

Capacità richiesta

Perché sarebbe desiderabile giocare con il tempo atmosferico?

Secondo il generale Gordon Sullivan, ex capo del personale dell'esercito, "Se pensiamo a quello che sarà la tecnologia nel 21° secolo, saremo in grado di vedere il nemico sia di giorno che di notte in qualsiasi condizione atmosferica e inesorabilmente andare a prenderlo."¹. *Una capacità di modificazione del tempo globale*, precisa, in tempo reale, robusta e sistematica, fornirebbe i CINC impegnati nel conflitto di un potente moltiplicatore di forza per raggiungere gli obiettivi militari. Dal momento che il tempo atmosferico sarà un elemento presente in tutti futuri possibili, una capacità di modificazione del meteo sarebbe utilizzabile universalmente e avrebbe un'utilità per l'intera gamma dei conflitti. La capacità di influenzare il tempo anche su piccola scala, potrebbe trasformarlo da fattore che indebolisce la forza in un moltiplicatore della forza.

La gente ha sempre aspirato alla modifica del tempo. Negli Stati Uniti, già nel 1839, gli archivi dei giornali raccontano di persone con idee serie e creative su come far piovere.² Nel 1957, il comitato consultivo del Presidente degli Stati Uniti sul controllo del tempo riconobbe esplicitamente il potenziale militare della modificazione meteo, ammonendo nella loro relazione relativamente al rischio che potesse divenire un'arma più importante della bomba atomica.

Tuttavia, dal 1947 la controversie sulle possibili conseguenze giuridiche derivanti dall'alterazione intenzionale di grandi sistemi di tempesta ha fatto sì, che la sperimentazione che poteva essere condotta sulle tempeste che avevano il potenziale di raggiungere i territori, abbia avuto ben poco futuro. Nel 1977, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha adottato una risoluzione che vieta l'uso ostile delle tecniche di modificazione ambientale. Ne è scaturita la "*Convenzione sulla Proibizione dell'Uso Militare o di Altra Tecnica Ostile di Modificazione Ambientale (ENMOD)*" che impegna i firmatari dall'astenersi da qualsiasi uso militare ostile di modificazione del tempo che potrebbe causare effetti diffusi, di lunga durata, o gravi.⁵ Mentre questi due eventi non hanno fermato il proseguimento della ricerca nel campo della modificazione del tempo, hanno comunque inibito in modo significativo la velocità di sviluppo delle tecnologie ad essa correlata, producendo un'attenzione primaria sulla soppressione delle condizioni meteo avverse (*ndt*) rispetto alle attività di intensificazione degli eventi.

L'influenza del tempo sulle operazioni militari è da tempo riconosciuta. Durante la seconda guerra mondiale, Eisenhower disse,

in Europa il cattivo tempo è il peggior nemico degli aerei [operazioni]. Un soldato una volta ha detto: "Il tempo è

sempre neutrale." Niente di più falso. Il maltempo è ovviamente il nemico della parte che cerca di lanciare operazioni che richiedono il bel tempo, o della parte che possiede grandi risorse, come ad esempio forze aeree forti, che per la riuscita delle operazioni dipendono dal bel tempo. Se veramente il brutto tempo fosse perdurato, i nazisti non avrebbero avuto bisogno di niente altro per difendere la costa della Normandia!

L'impatto del tempo è stato importante nelle operazioni militari più recenti. Un numero significativo di sortite aeree a Tuzla nel corso dello spiegamento di forze iniziale a sostegno dell'operazione di pace in Bosnia è stata interrotta a causa del tempo. Durante l'operazione Desert Storm (Iraq), il generale Buster C. Glosson ha chiesto al suo consigliere meteo di dirgli quali obiettivi sarebbero stati chiari in 48 ore in modo da essere inclusi nell'ordine delle operazioni aeree (ATO). Ma l'attuale capacità di previsione è solo dell'85% e per non più di 24 ore, che non soddisfano adeguatamente le esigenze del ciclo di pianificazione degli ATO. Oltre il 50% delle incursioni degli F-117 sugli obiettivi assegnati sono state annullate e gli A-10 hanno volato solo in 75 delle 200 operazioni di supporto aereo (CAS) preventivate a causa della copertura nuvolosa a bassa quota durante i primi due giorni della campagna. L'applicazione della tecnologia di modificazione del meteo al fine di aprire uno squarcio abbastanza duraturo nel tempo sugli obiettivi per consentire agli F-117 di attaccare e sganciare le loro bombe sarebbe stata un moltiplicatore di forza molto efficace. La manipolazione del tempo atmosferico ha senza dubbio un potenziale uso militare a livello operativo per ridurre gli effetti di elementi come la nebbia e attenuare l'attrito nelle operazioni amichevoli e di aumentarli in modo significativo a sfavore del nemico.

Cosa si intende per "modificazione del tempo atmosferico"?

Oggi, per modificazione del tempo si intende l'alterazione dei fenomeni meteorologici su un'area limitata per un periodo limitato di tempo. Entro i prossimi tre decenni, il concetto di modificazione del tempo potrebbe ampliarsi per includere la capacità di plasmare le condizioni meteorologiche, influenzandone i fattori determinanti. Per il raggiungimento di una tale accurata e ragionevolmente precisa abilità nella modificazione del meteo nei prossimi 30 anni, sarà necessario il superamento di alcuni non insormontabili ostacoli di natura tecnologica e giuridica.

Tecnologicamente, dobbiamo avere una solida conoscenza delle variabili che influenzano il tempo. Dobbiamo essere in grado di modellare le dinamiche delle loro relazioni, di mappare i possibili risultati delle loro interazioni, di misurare i loro valori effettivi in tempo reale e influenzarne quindi i valori per ottenere il risultato desiderato. Per il conseguimento di una capacità matura di sviluppo di queste tecniche, la società dovrà fornire le risorse e le basi giuridiche necessarie. Come potrà succedere tutto ciò? Il seguente scenario teorico postula come la modificazione del meteo potrebbe diventare sia tecnicamente fattibile che socialmente auspicabile entro il 2025.

Tra oggi (1996 ndt) e il 2005, i progressi tecnologici in meteorologia e la richiesta di più precise informazioni meteo proveniente dal mondo degli affari globale, porterà con successo all'identificazione e alla parametrizzazione delle principali variabili che influenzano il tempo. Entro il 2015, i progressi nella capacità di calcolo, le tecniche di modellazione, e il monitoraggio delle informazioni atmosferiche produrrà capacità di previsioni del tempo altamente precise e affidabili, validate dalle intemperie che accadranno del mondo reale. Nel decennio successivo, la densità crescente della popolazione eserciterà pressioni sulla risorse e sui costi, a livello mondiale, di cibo e acqua potabile. Massicce perdite di vite e di cose in conseguenti alle catastrofi meteorologiche naturali diventeranno sempre più inaccettabili. Queste richieste e pressioni suggeriranno ai governi e/o altre organizzazioni che saranno state in grado di capitalizzare i progressi tecnologici dei

precedenti 20 anni di perseguire una capacità di modificazione del tempo ragionevolmente precisa. Il sempre più urgente bisogno di realizzare i benefici di questa capacità stimoleranno le leggi e i trattati, e alcune azioni unilaterali, rendendo accettabili i rischi necessari per perfezionare e affinare tali tecniche. Entro il 2025, il mondo, o parti di esso, saranno in grado di plasmare i modelli meteorologici locali influenzando i fattori che influenzano il clima, le precipitazioni, i temporali e i loro effetti, la nebbia e lo spazio vicino alla Terra. Queste altamente accurate e ragionevolmente precise, applicazioni civili, di tecnologie di modificazione del tempo, ha ovvie implicazioni militari. Ciò è particolarmente vero per il settore delle forze aerospaziali, d'altronde il meteo può interessare tutti i reparti impegnati nelle operazioni, perchè è un fattore che condiziona tutti.

Il termine modificazione del tempo atmosferico può avere connotazioni negative per molte persone, sia civili che militari. E' quindi molto importante definire la scopo preso in considerazione in questo documento in modo che i potenziali critici o sostenitori di ulteriori ricerche abbiano una base comune di discussione.

In un senso più ampio, la modificazione del tempo può essere suddivisa in due categorie principali: quella della soppressione e quella dell'intensificazione delle condizioni meteorologiche. In casi estremi, potrebbe comportare la creazione di condizioni del tempo completamente nuove, l'attenuazione o il controllo di forti tempeste, o anche l'alterazione del clima globale di vasta portata e/o di lunga durata. Nei casi più lievi e meno controversi può consistere nell'indurre o sopprimere le precipitazioni, le nubi o la nebbia per brevi periodi su una regione di piccole dimensioni. Altre applicazioni a bassa intensità potrebbero includere l'alterazione e/o l'utilizzo dello spazio vicino come un mezzo per migliorare le comunicazioni, disturbare il monitoraggio attivo e passivo, o per altri scopi. Nel condurre la ricerca per questo studio, è stato inizialmente abbracciata la più ampia interpretazione possibile di modificazione del tempo atmosferico, in modo che venisse vagliato con la massima serietà il più ampio spettro di opportunità disponibili per le nostre forze militari nel 2025. Tuttavia, per varie ragioni descritte di seguito, questo documento si concentra principalmente sulle forme localizzate e di breve termine di modificazione del meteo e su come queste potrebbero essere incorporate in capacità di combattimento durante i conflitti. Le aree principali affrontate includono la generazione e la dissipazione delle precipitazioni, delle nubi e della nebbia; la modifica dei sistemi di tempeste localizzate, e l'uso della ionosfera e lo spazio vicino per il controllo dello spazio e il dominio delle comunicazioni. Queste applicazioni sono coerenti con il documento CJCSI 3810.01, "*Meteorological and Oceanographic Operations*" (*Operazioni Meteorologiche e Oceanografiche*).

Esempi estremi e controversi di modificazione-creazione del tempo su ordinazione, di modificazioni del clima su larga scala, di creazione e/o controllo (o "pilotaggio") di forti tempeste, ecc. sono state studiate come parte di questo studio, ma solo per farvi un breve accenno perché, a giudizio degli autori, gli ostacoli tecnici che impediscono la loro applicazione appaiono insormontabili per i prossimi 30 anni. Se così non fosse, tali applicazioni sarebbero state incluse in questa relazione come potenziali opzioni militari, nonostante la loro natura controversa e potenzialmente malevola e la loro incoerenza sia con gli accordi sottoscritti in ambito ONU dei quali gli Stati Uniti sono firmatari.

D'altra parte, la gamma delle applicazioni di manipolazione al meteo proposte in questa relazione si è dimostrata potenzialmente e tecnicamente realizzabile. Esse sono verosimili, sebbene, nessuna venga generalmente impiegata o prevista per un futuro impiego da parte delle nostre forze operative. Esse sono anche verosimili nel loro valore potenziale per il combattente del futuro, come speriamo di trasmettere nei seguenti capitoli. Un sistema di conoscenze integrato che incorpora strumenti per modificare il tempo sarà descritto nel prossimo capitolo; nel capitolo 4 all'interno della cornice di *Concetto di Operazioni* si parla poi di come questi strumenti potrebbero essere impiegati.

Note

1 Gen Gordon R. Sullivan, "Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization," *Military Review* (July 1993) citato in Mary Ann Seagraves and Richard Szymer, "Weather a Force Multiplier," *Military Review*, November/December 1995, 75.

2 Horace R. Byers, "History of Weather-modification," in Wilmot N. Hess, ed. *Weather and Climate Modification*, (New York: John Wiley & Sons, 1974), 4.

3 William B. Meyer, "The Life and Times of US Weather: What Can We Do About It?" *American Heritage* 37, no. 4 (June/July 1986), 48.

4 Byers, 13.

5 US Department of State, *The Department of State Bulletin*. 74, no. 1981 (13 June 1977): 10.

6 Dwight D Eisenhower. "Crusade in Europe," quoted in John F. Fuller, *Thor's Legions* (Boston: American Meteorology Society, 1990), 67.

7 Intervista del Lt Col Gerald F. Riley, Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3rd Weather Squadron, in "Desert Shield/Desert Storm Interview Series," by Dr William E. Narwyn, AWS Historian, 29 May 1991.

8 Thomas A. Keane and Eliot A. Cohen. *Gulf War Air Power Survey Summary Report* (Washington D.C.: Government Printing Office, 1993), 172.

9 Herbert S. Appleman, *An Introduction to Weather-modification* (Scott AFB, Ill.: Air Weather Service/MAC, September 1969), 1.

10 William Bown, "Mathematicians Learn How to Tame Chaos," *New Scientist*, 30 May 1992, 16.

11 CJCSI 3810.01, *Meteorological and Oceanographic Operations*, 10 January 95. Questa istruzione CJCS stabilisce la politica e assegna le responsabilità per la conduzione di operazioni meteorologiche e oceanografiche. Esso definisce anche i termini diffuso, duraturo e grave, al fine di individuare quelle attività che per le forze Usa è vietato condurre sotto i termini della Convenzione della Modifica Ambientale delle Nazioni Unite (ENMOD). Per diffuso si intende come comprendente un'area sulla scala di diverse centinaia di km; duraturo significa che dura per un periodo di mesi, pari a circa una stagione, e grave che comporta gravi o significativi disturbi o danni alla vita umana, alle risorse naturali ed economiche, o ad altre attività .

12 La preoccupazione per le conseguenze involontarie di tentare di "controllare" il tempo è ben giustificata. Il tempo è un classico esempio di un sistema caotico (cioè, un sistema che non si ripete esattamente). Un sistema caotico è anche estremamente sensibile: differenze minuscole nelle condizioni influenzano notevolmente i risultati secondo Il dottor Glenn James, un esperto di caos molto riconosciuto, i progressi tecnici possono fornire un mezzo per prevedere quando si verificano transizioni climatiche e la grandezza degli interventi necessari per causare tali transizioni, tuttavia, non sarà mai possibile prevedere esattamente le variazioni che si verificano a seguito dei nostri interventi. La natura caotica del tempo limita la nostra capacità di fare previsioni accurate a lungo raggio. Il celebre fisico, Edward Teller, ha recentemente presentato i calcoli per determinare le previsioni meteo a lungo raggio e il miglioramento che risulterebbe da una costellazione di satelliti che fornisce misurazioni atmosferiche continue su una griglia di 1 kmq estesa a tutto il mondo. Tale sistema, attualmente ha un costo proibitivo, migliorerebbe solo le previsioni dagli attuali cinque giorni a circa 14 giorni. Chiaramente, ci sono limiti fisici definitivi alla capacità dell'uomo di controllare la natura, ma la portata di tali limiti fisici rimane una questione aperta. Fonte: G. E. James, "Chaos Theory: The Essentials for Military Applications," in *ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook*, AY96, 8 (Maxwell AFB, Ala: Air University Press, 1995), 1-64. I calcoli Teller sono citati nel riferimento 49 di questa fonte.

Capitolo 3

Descrizione del sistema

La nostra visione è che entro il 2025 i militari potrebbero influenzare il tempo a livello di mesoscala (<200 km²) o microscala (area locale immediata) per conseguire capacità operative, quali quelle elencate nella Tabella 1. La capacità sarebbe il risultato sinergico di un sistema costituito da: (1) specialisti altamente qualificati in manipolazione del tempo atmosferico (WFS) membri del reparto di supporto alla modifica del tempo (WFSE) del CINC, (2) porte di accesso alla rete meteo globale (GWN), dove si raccolgono le osservazioni meteorologiche in tutto il mondo e si elaborano le previsioni pressoché in tempo reale da fonti civili e militari; (3) un fitto e altamente sofisticato sistema di rilevamento meteo locale molto accurato e da un sistema di comunicazioni, (4) una capacità avanzata computerizzata in grado elaborare modelli di modificazione del tempo su un'area locale e di fare previsioni all'interno della zona di responsabilità (AOR), (5) comprovate tecnologie di intervento di modificazione del tempo; e (6) una capacità di ottenere *feedback*.

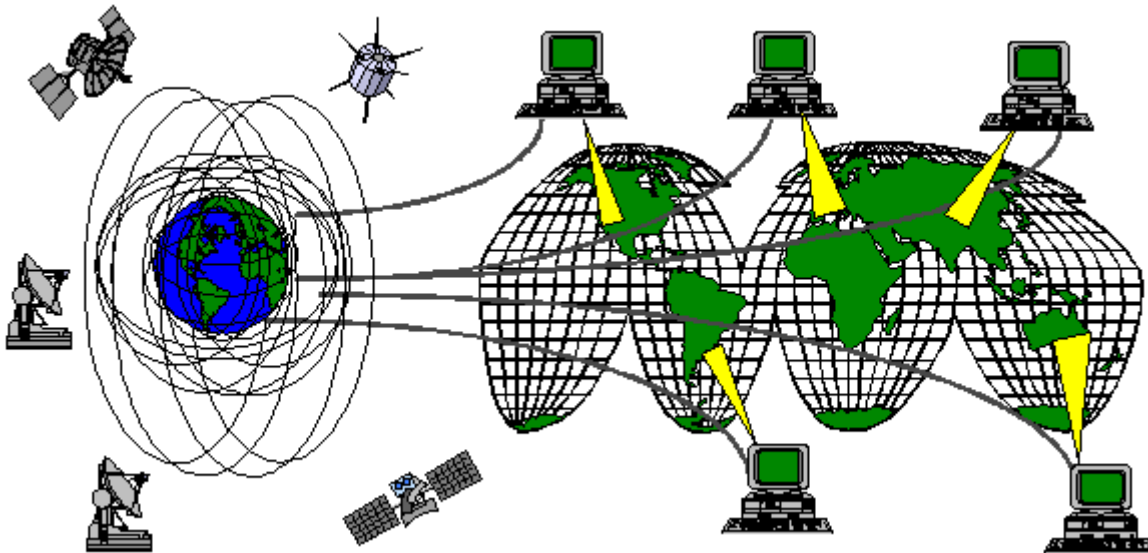
La rete meteorologica globale

La GWN è vista come un'evoluzione della rete dati meteo mondiale attuale sia militare che civile. Entro il 2025, sarà una rete di comunicazione ad altissima velocità, con una banda larga estesa, costellata di osservazioni meteorologiche in tempo reale catturate da una rete di osservazione a livello globale più fitta e più sofisticata grazie alla presenza di sensori altamente avanzati diffusi sul terreno, in aria, nel mare e nello spazio. La rete fornirà anche l'accesso ai centri di previsione sparsi in tutto il mondo dove previsioni sofisticate, fatte su misura, e dati, generati dai modelli di previsione meteo (globale, regionale, locale, specialistica, ecc) basati sulle ultime tecniche matematiche non lineari, saranno messi a disposizione dei clienti GWN per essere usati pressoché in tempo reale.

Per il 2025, prevediamo che i modelli di previsione meteo, in generale, e su mesoscala in particolare, saranno in grado di emulare tutte le condizioni atmosferiche variabili, insieme con le loro interrelate dinamiche, e dimostrare di essere estremamente precise nelle severe prove di misurazione contro i dati empirici. I cervelli di questi modelli saranno avanzati nel software, nelle capacità hardware tanto da poter rapidamente ingerire trilioni di dati ambientali, unirli in basi di dati utilizzabili, elaborare i dati attraverso la previsione di modelli meteo, e diffondere le informazioni meteo sul GWN in tempo reale.¹ Questa rete è raffigurata schematicamente nella figura 3-1.

Prova della capacità, che evolve nel futuro, di elaborare modelli e previsioni del tempo come la GWN si può trarre dal piano strategico per il periodo 1995-2005 della National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Esso comprende elementi del programma di "sviluppo dei servizi di allarme e di previsione a breve termine, di implementazione delle previsioni climatiche a partire dalle stagionali sino alle inter-annuali, e di prevedere e valutare i cambiamenti da decennali a centenari"; non include, tuttavia, i piani per l'elaborazione di modelli di modifiche del tempo o di sviluppo tecnologico

della modificazione. I piani del NOAA includono vasti programmi di raccolta dati, come il Next Generation Radar (NEXRAD) e i sistemi di sorveglianza Doppler del meteo, schierati in tutti gli Stati Uniti. I dati raccolti da questi sistemi di rilevamento finiscono in oltre 100 centri di previsione per l'elaborazione da parte dell'Advanced Weather Interactive Processing System (AWIPS), che fornirà le risorse di comunicazione, elaborazione e visualizzazione dei dati per l'elaborazione di previsioni più estese. Inoltre il NOAA ha utilizzato un Cray C90, un supercomputer in grado di eseguire oltre $1,5 \times 10^{10}$ operazioni al secondo che è già stato utilizzato per elaborare un sistema di previsione degli uragani.



Fonte: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

Figure 3-1. Rete meteorologica globale

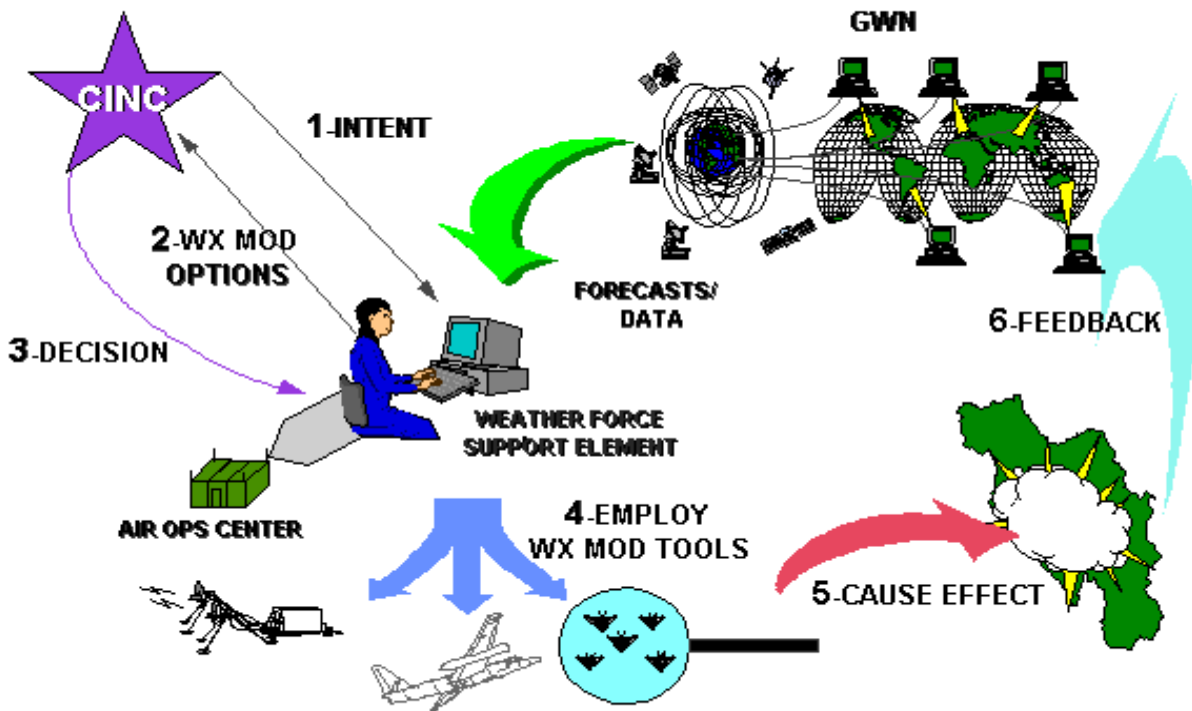
Applicazione delle modificazioni del tempo alle operazioni militari

Come svilupperà e impiegherà l'esercito e, in particolare, l'USAF, in particolare, la potenzialità di modificare il tempo atmosferico? Noi immaginiamo che questo sarà fatto dall'elemento di supporto alla forza meteorologica (WFSE), la cui missione principale sarebbe quella di sostenere i CINC impegnati in conflitto belliche con opzioni di modifica al meteo, in aggiunta a quelle di supporto generale nelle previsioni meteo. Anche se il WFSE potrebbe operare ovunque finché avrà l'accesso alla GWN e ai componenti del sistema già citato, sarà più che probabile che sia un componente all'interno dell'AOC o il suo equivalente nel 2025. Sotto la guida del CINC, la WFSE formula opzioni di modificazioni al tempo atmosferico utilizzando le informazioni fornite dal GWN, dalla rete locale di dati meteo, e dai modelli di previsione di modificazione meteorologica. Le opzioni includono una gamma di effetti, le probabilità di successo, le risorse che devono essere spese, la vulnerabilità del nemico e i rischi connessi. Il CINC sceglie un effetto basandosi su questi dati, e il WFSE poi implementa il percorso scelto, selezionando gli appropriati strumenti di modifica e poi impiegandoli per ottenere l'effetto desiderato. I sensori registrano il cambiamento e forniscono i dati del nuovo modello meteo al sistema di elaborazione di modelli che aggiorna di conseguenza le sue previsioni. Il WFSE verifica l'efficacia dei suoi sforzi tirando giù i dati sulle condizioni aggiornate e sulle nuove previsioni dal GWN e dalla rete dati del meteo locale, e pianifica sulla base di quanto necessario le missioni a venire. Questo concetto è illustrato nella figura 3-2.

Il personale del WFSE dovrà essere esperto nei sistemi di informazione e ben istruito nelle arti sia offensive che difensive della guerra dell'informazione. Dovrebbero anche avere una comprensione approfondita della GWN e una

valutazione di come la modificazione del tempo potrebbe essere impiegata per soddisfare le esigenze del CINC.

A causa della natura nodale della rete della GWN, questo concetto sarebbe molto flessibile. Per esempio, un WFSE potrebbe essere assegnato a ciascun teatro per fornire un sostegno diretto al CINC. Il sistema sarebbe in grado di sopravvivere, con più nodi collegati al GWN.



Fonte: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

Figura 3-2. Sistema militare delle operazioni di modificazione del tempo.

Come prodotto dell'era dell'informazione, questo sistema sarebbe più vulnerabile alla guerra dell'informazione. Ogni WFSE avrebbe bisogno di avere a disposizione le più recenti capacità informatiche sia difensive che offensive. Le abilità difensive sarebbero necessarie per la sopravvivenza. Le abilità offensive potrebbero fornire opzioni di inganno per creare il tempo virtuale nei sistemi sensoriali e di raccolta di informazioni del nemico, rendendo più probabile per loro prendere decisioni che producono risultati scelti da noi, piuttosto che da loro stessi. Esso consentirebbe inoltre la capacità di nascondere o dissimulare le nostre attività di modifica-meteo.

Sono necessarie due tecnologie chiave per creare un sistema di modificazione del tempo atmosferico integrato, completo, reattivo, preciso e effettivo. I progressi nella scienza del caos sono fondamentali per questo sforzo. Altra chiave per la fattibilità di un tale sistema è la possibilità di modellare un sistema non lineare estremamente complesso, che caratterizza il meteo a livello globale in modo che sia possibile prevedere con precisione il risultato dei cambiamenti nelle variabili che lo influenzano. I ricercatori, in laboratorio, hanno già controllato con successo sistemi non lineari delle singole variabili e ipotizzano che con le attuali capacità tecniche, matematiche e di calcolo potrebbero lavorare su sistemi che comprendano fino a cinque variabili. I progressi in questi due settori renderebbero fattibile il condizionamento del tempo a livello locale, dando piccoli e continui colpetti a uno o più fattori che lo influenzano. Plausibilmente, con tempi abbastanza

giusti e le giuste condizioni, si potrebbe ottenere un "meteo-su-ordinazione"

Lo sviluppo di una vera capacità di modificazione del tempo richiede diversi strumenti di intervento per regolare in modo prevedibile gli opportuni parametri meteorologici. E' in questa area che deve essere sviluppato dal complesso militare basandosi su specifiche funzionalità richieste, quali quelli elencate nella tabella 1, che potete trovare nel riepilogo all'inizio del documento. Tale sistema dovrebbe contenere una serie di sensori e un rete dati localizzati dell'area di battaglia allo scopo di offrire un livello accurato di risoluzione richiesta per valutare gli effetti degli interventi e fornire un *feedback*. Questa rete includerebbe sensori a terra, in cielo, nel mare, e nello spazio, nonché le osservazioni umane al fine di assicurare un livello di affidabilità e risposta del sistema, anche in caso di contromisure adottate dal nemico. Dovrebbe anche comprendere specifici strumenti di intervento e tecnologie, alcune delle quali già esistenti e altre che devono ancora essere sviluppate. Alcuni di questi strumenti proposti sono descritti nel seguente capitolo dal titolo *Concetto di operazioni*. Il processo completo di modificazione del tempo sarebbe uno snodo in tempo reale per interventi continui, appropriati e misurati, e in grado di produrre valutazioni sui comportamenti meteo desiderati.

Note

1 SPACECAST 2020, *Space Weather Support for Communications*, white paper G (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

2 Rear Adm Sigmund Petersen, "NOAA Moves Toward The 21st Century," *The Military Engineer* 20, no. 571 (June-July 1995): 44.

3 Ibid.

4 William Brown, "Mathematicians Learn How to Tame Chaos," *New Scientist* (30 May 1992): 16.

CAPITOLO 4

Concetto di operazioni

L'ingrediente essenziale del sistema di modificazioni meteorologiche sta nella molteplicità di tecniche di intervento che possono essere impiegate per modificare il tempo atmosferico. Il numero delle specifiche metodologie di intervento è infatti limitato solo dall'immaginazione, tuttavia tutte queste tecniche, tranne poche eccezioni, contemplano l'immissione di energia e di elementi chimici nel processo meteorologico nel modo appropriato, nel luogo giusto, al momento giusto. L'intervento potrebbe essere finalizzato a modificare il tempo in vari modi, come influenzare le nubi e le precipitazioni, l'intensità delle tempeste, il clima, lo spazio, o la nebbia.

Le precipitazioni

Per secoli l'uomo ha desiderato influenzare a suo piacimento le precipitazioni. Fino a poco tempo fa, il successo in questo campo è stato minimo; tuttavia una nuova finestra di opportunità può aprirsi come risultante dello sviluppo di nuove tecnologie e la crescita dell'interesse mondiale a combattere la scarsità d'acqua attraverso l'incremento delle precipitazioni. Quindi, chiediamo che il Dipartimento della Difesa esplori le molte possibilità (e anche le varie ramificazioni) risultanti dallo sviluppo delle capacità di influenzare le precipitazioni o che portano a "modificazioni delle precipitazioni di tipo selettivo". Tuttavia la capacità di modificare le precipitazioni per un lungo periodo (per es. per più di diversi giorni) non è ancora stata pienamente compresa. Per il 2025 saremo certamente in grado di aumentare o diminuire le precipitazioni per un breve periodo in un'area determinata.

Prima di trattare dello stato della ricerca in quest'area, è importante descrivere i benefici di tale capacità. Anche se molte operazioni militari possono essere influenzate dalle precipitazioni, la mobilità sul terreno è quella che ne viene maggiormente influenzata. Influenzare le precipitazioni può tornare utile sotto due aspetti. In un primo momento, aumentando le precipitazioni si potrebbero limitare i movimenti del nemico appesantendo il terreno, indebolendone altresì il morale. In un secondo momento, sopprimendo le precipitazioni si potrebbe favorire gli spostamenti delle truppe amiche attraverso il prosciugamento delle aree fangose. Quale sarà la possibilità di sviluppare questa capacità e applicarla nelle operazioni tattiche nel 2025? Maggiore di quanto si potrebbe pensare. Per molti anni sono state condotte ricerche sulle modificazioni delle precipitazioni, e una parte di esse sono state utilizzate nel corso della Guerra del Vietnam¹. Questi tentativi iniziali hanno posto le fondamenta verso un ulteriore sviluppo di una vera capacità di modificare le precipitazioni in modo selettivo.

Abbastanza curiosamente, gli Stati Uniti hanno coscientemente preso la decisione di fermare la costruzione su queste fondamenta. Come menzionato in precedenza, gli accordi internazionali hanno impedito agli Stati Uniti di fare ricerca

sulle operazioni di modifica al tempo atmosferico che potevano avere conseguenze diffuse, di lungo periodo e di forte intensità. Tuttavia esistono le possibilità (entro i confini dei trattati sottoscritti) di manipolare le precipitazioni in modo localizzato, per un breve periodo, con risultati limitati e potenzialmente positivi .

Queste possibilità ci riportano alle nostre precedenti sperimentazioni con la modificazione delle precipitazioni. Come dichiarato in un articolo sul *Journal of Applied Meteorology*,

in precedenza tutti i tentativi di modificare le precipitazioni nell'ultimo quarto di secolo si sono focalizzati nel produrre cambiamenti delle dimensioni delle nubi tramite lo sfruttamento della differenza di pressione di vapore saturo tra ghiaccio e acqua. Questo metodo non va criticato ma è giunto il momento di esaminare la possibilità di modifiche meteorologiche sulla base di altre dimensioni spazio-temporali e di altre ipotesi fisiche.²

Questo studio di W. Gray e altri, indagava sull'ipotesi che "significative influenze positive possono derivare dallo sfruttamento oculato della potenzialità della polvere di carbone di assorbire l'energia solare³. La ricerca ha ultimamente scoperto che questa tecnologia poteva essere usata per incrementare le piogge a scala intermedia, generare cirri, e incrementare i cumulonembi (temporali) in zone altrimenti interessate dalla siccità.

Questa tecnologia può essere descritta nel modo seguente. Così come in una giornata soleggiata un tetto catramato assorbe facilmente energia solare per restituirla poi sotto forma di calore, allo stesso modo il carbone assorbe velocemente l'energia del sole. Quando è disperso nell'aria al di sopra di un grande specchio d'acqua sotto forma di microscopiche particelle o di polvere, il carbone si scalda e a sua volta riscalda l'aria che lo circonda, favorendo quindi l'evaporazione dello specchio d'acqua sottostante. Dal momento che l'aria circostante si riscalda, le particelle d'aria si alzeranno e il vapore acqueo in esse contenuto condenserà infine in forma di nubi. Col passare del tempo le goccioline che compongono le nubi cresceranno di dimensione via via che il vapore acqueo si condensa divenendo troppo grandi e pesanti per rimanere in sospensione e ricadranno al suolo sotto forma di pioggia o altre forme di precipitazioni⁴. Questo studio sottolinea come questa tecnologia di incremento delle precipitazioni funzionerebbe meglio "sopravento le linee di costa con il vento che soffia verso le sponde". La neve effetto lago all'estremità sud della regione dei Grandi Laghi è naturalmente un fenomeno che si basa su dinamiche simili.

Può una simile tecnologia di incremento delle precipitazioni avere un impiego militare? Sì, se esistono le condizioni giuste. Per esempio, se siamo abbastanza fortunati da disporre di un grande specchio d'acqua posto sopravento il campo di battaglia nostro obiettivo, la polvere di carbone può essere diffusa nell'atmosfera sopra questo specchio d'acqua. Supponendo che le dinamiche nell'atmosfera siano favorevoli , l'aria satura che si innalza formerà allora delle formazioni nuvolose che faranno piovere sul suolo⁵. Mentre la probabilità di trovare uno specchio d'acqua posto sopravento il campo di battaglia è imprevedibile, la tecnologia potrà essere impiegata in diversi modi se esistono le condizioni adeguate. Solo un'ulteriore sperimentazione determinerà a quale grado di incremento di precipitazioni si potrà arrivare in maniera controllata.

Se le tecnologie di incremento delle precipitazioni saranno sperimentate con successo e le condizioni meteo naturali saranno favorevoli, saremmo quindi in grado di disperdere polvere di carbone nel luogo desiderato. Trasferire questo meccanismo in una forma totalmente controllabile, sicura, efficiente e realizzabile, richiede innovazione. Sono già state studiate numerose tecniche di dispersione, ma la più conveniente, sicura ed efficiente risiede nell'utilizzo degli scarichi dei

jet che generano particelle di carbone mentre volano attraverso l'aria nostro obiettivo. Questo metodo si basa sull'iniezione di combustibile liquido di idrocarburi nella combustione dei gas di scarico. Questo metodo di generazione diretta è stato considerato più desiderabile di altri metodi plausibili (per es. il trasporto all'altitudine desiderata di grandi quantità di polvere di carbone precedentemente prodotta e opportunamente dimensionata).

Lo studio della polvere di carbone dimostra che l'incremento di precipitazioni di piccola scala è possibile ed è stata sperimentata con successo a certe condizioni atmosferiche. Da quando le ricerche sono state condotte, almeno per quanto sappiamo, non c'è stata nessuna applicazione militare di questa tecnologia. Tuttavia, possiamo postulare come questa tecnologia potrà essere usata in futuro esaminando alcuni dei binari di partenza che possiamo immaginare disponibili per l'effettiva dispersione di carbone o di altri agenti impiegati nelle modifiche nel 2025.

Un metodo che proponiamo potrebbe ulteriormente massimizzare la sicurezza della tecnologia e la realizzabilità eliminando l'elemento umano. Ad oggi molto lavoro è stato fatto sui droni che possono competere da vicino (se non del tutto) con la capacità degli aerei dotati di pilota a bordo. Se la tecnologia dei droni fosse combinata con le tecnologie *stealth* (fantasma) e della polvere di carbone, il risultato potrà essere un drone invisibile ai radar mentre è in rotta sull'area obiettivo, che potrà autonomamente creare polvere di carbone in qualsiasi luogo. Tuttavia la minimizzazione del numero di droni richiesti per completare la missione dipende dallo sviluppo di un nuovo e più efficiente sistema per produrre polvere di carbone seguendo la tecnologia dei già menzionati motori jet di scarico. Al fine di impiegare effettivamente la tecnologia *stealth*, questo sistema dovrà altresì avere la capacità di disperdere polvere di carbone minimizzando (o eliminando) la sorgente di calore a infrarossi dei droni.

Oltre ad usare i droni fantasma e la tecnologia di assorbimento della polvere di carbone per aumentare le precipitazioni, questa tecnologia di dispersione può essere usata anche per ridurre le precipitazioni. Sebbene il precedente studio menzionato non esplori adeguatamente la possibilità di iniezione delle nubi al fine di sopprimere le precipitazioni, questa possibilità esiste. Se le nuvole vengono iniettate (usando nuclei simili a quelli usati oggi o anche altri agenti più efficaci che si potranno individuare nello sviluppo delle ricerche) prima del loro arrivo sotto la spinta del vento sopra la località desiderata, il risultato potrà essere la soppressione delle precipitazioni. In altre parole le precipitazioni potranno essere forzate a precipitare prima del loro arrivo sul territorio obiettivo, causandone perciò la siccità. I benefici strategici e operativi del fare questo sono stati precedentemente illustrati.

La nebbia

In generale, la dispersione con successo della nebbia comporta un certo tipo di processo di riscaldamento e iniezione. Quale sia la migliore tecnica dipende dal tipo di nebbia. In parole semplici esistono due tipologie di nebbia, quella fredda e quella calda. La nebbia fredda si forma a temperatura sotto i 32° F. La migliore tecnica di dissipazione della nebbia fredda sta nell'iniezione dall'aria con agenti chimici che inducono lo sviluppo di cristalli di ghiaccio⁶.

La nebbia calda si verifica a temperature sopra i 32° F e causa il 90% dei problemi collegati alla nebbia che si incontra nelle operazioni di volo⁷. Il miglior metodo per dissipare la nebbia è il riscaldamento dal momento che un piccolo incremento nella temperatura è di solito sufficiente a far evaporare la nebbia⁸. Dal momento che non è molto pratico riscaldare,

l'opzione di riserva più praticabile prevede l'inseminazione igroscopica. L'inseminazione igroscopica usa agenti chimici che assorbono il vapore acqueo. Questa è più efficiente se compiuta dall'aria, ma può essere anche condotta da terra⁹. Il raggiungimento di ottimi risultati prevede a monte un'informazione dettagliata sulla profondità della nebbia, sul contenuto di acqua in forma liquida, e sul vento¹⁰.

Decenni di ricerca dimostrano come la dissipazione della nebbia sia un'applicazione reale delle tecniche di modifica del tempo atmosferico con dimostrati risparmi sia per l'aviazione militare che civile¹¹. Le amministrazioni locali hanno mostrato un grande interesse verso queste tecniche per incrementare la sicurezza delle autostrade frequentemente interessate da problemi di dense nebbie¹². Esistono delle tecnologie emergenti che possono avere delle importanti applicazioni nella dispersione della nebbia. Come detto prima, riscaldare è il modo più efficiente per disperdere il tipo di nebbia più comune. Sfortunatamente si rivela impraticabile nella maggioranza delle situazioni e potrebbe essere difficile applicarlo al meglio data la contemporaneità di altre operazioni. Tuttavia lo sviluppo di tecnologie ad energia radiante diretta, come le microonde e il laser, possono aprire nuove possibilità.

Gli esperimenti di laboratorio hanno mostrato che le microonde possono essere efficaci per la dissipazione tramite riscaldamento della nebbia. Tuttavia, i risultati indicano anche che i livelli di energia richiesti superano il limite massimo di 100 watt/m² di densità di esposizione imposto dagli Stati Uniti e che questa tecnica potrebbe rivelarsi molto costosa¹³. Gli esperimenti condotti sul campo con i laser hanno dimostrato la capacità di dissipare la nebbia calda in un aeroporto dove era presente una visibilità prossima allo zero. Generando un watt/cm², che è approssimativamente il massimo limite di esposizione consentito dagli Stati Uniti, il sistema guadagna un quarto di miglio di visibilità in 20 secondi¹⁴. I sistemi laser descritti nel paragrafo dedicato alle operazioni spaziali di questo studio dell'Air Force 2025 potevano certamente inserirla tra i molti utilizzi possibili.

Riguardo alle tecniche di inseminazione, i miglioramenti nei materiali e nelle tecniche di dispersione non sono solo plausibili ma anche probabili. I materiali *smart* basati sulle nanotecnologie sono sviluppati di continuo per essere dotati al loro interno di computer in grado di svolgere grandi operazioni. Essi potrebbero adattare le loro dimensioni a quelle ottimali per una data situazione di inseminazione della nebbia e perfino eseguire degli aggiustamenti durante il processo. Essi potrebbero anche incrementare le qualità dispersive aggiustando la loro galleggiabilità nell'aria, comunicando l'uno con l'altro, e la loro guidabilità all'interno della nebbia. Essi potrebbero essere in grado di fornire immediati e continui ragguagli integrandoli con un più largo sistema di sensori e potendo anche cambiare la loro temperatura e polarità per migliorare gli effetti dell'inseminazione¹⁵. Come menzionato sopra, i droni potrebbero essere usati per lanciare e diffondere questi materiali.

Recenti esperimenti di laboratorio condotti nell'ambito della ricerca militare hanno dimostrato la possibilità di generare la nebbia. Essi hanno impiegato attrezzature che si possono reperire in commercio per generare nebbie fitte in un area di 100 metri di lunghezza. Ulteriori studi hanno dimostrato che le nebbie possono essere impiegate per bloccare gran parte dello spettro visibile ultravioletto/infrarosso, mascherando con efficacia alle armi ad infrarossi i punti di emissione di tali radiazioni¹⁶. Questa tecnologia potrebbe dotare una piccola unità militare della capacità di sfuggire ad un rilevamento con il sistema a infrarossi. Le nebbie potrebbero essere generate più velocemente, occultando il movimento dei carri armati o della fanteria, o potrebbero nascondere operazioni, attrezzature o equipaggiamenti militari. Tali sistemi potrebbero anche

essere usati per inibire le osservazioni di operazioni sensibili nelle retrovie che avvengono per mezzo delle piattaforme di riconoscimento elettro-ottico¹⁷.

Le tempeste

Il desiderio di manipolare le tempeste in funzione di obiettivi militari costituisce il più offensivo e controverso tipo di modificazione del tempo. I danni causati dalle tempeste sono davvero devastanti. A proposito, una tempesta tropicale ha un'energia pari a una bomba all'idrogeno di 10.000 megatoni¹⁸, e nel 1992 l'uragano Andrew distrusse totalmente Homestead AFB, in Florida, causando l'evacuazione della più importante base aerea militare situata nel sud est degli Stati Uniti, e provocando danni per 15,5 miliardi di dollari¹⁹. D'altronde, come ci poteva attendere considerato il livello di energia di una tempesta, la letteratura scientifica attuale indica che ci sono dei limiti fisici definiti sull'abilità dell'uomo di modificare le tempeste. Prendendo in considerazione questo unitamente a questioni politiche, ambientali, economiche, legali e morali, confineremo la nostra analisi ai temporali così da escludere i maggiori sistemi di tempesta come gli uragani e i sistemi di forte bassa pressione.

In ogni istante ci sono approssimativamente 2.000 temporali. Infatti 45.000 temporali, che contengono pioggia pesante, grandine, turbolenze e lampi, si formano quotidianamente²⁰. Chiunque abbia volato frequentemente su aerei commerciali si sarà reso probabilmente conto delle manovre che i piloti fanno per evitare le tempeste. Il danno provocato dalle tempeste è emerso chiaramente nell'agosto 1995 quando un jumbo-jet si è schiantato provocando la morte di 137 persone dopo aver incrociato delle turbolenze durante una bufera di pioggia²¹. Queste forze della natura colpiscono tutti gli aerei e persino i più moderni caccia di oggi (1996) fanno di tutto per evitare una tempesta.

Il brutto tempo costituirà un fattore di rischio per l'aviazione anche nel 2025? La risposta sfortunatamente è "sì", ma i progressi prospettati nella tecnologia per i prossimi 30 anni diminuiranno il potenziale di rischio. I sistemi computerizzati di controllo di volo saranno in grado di "auto pilotare" l'aeroplano attraverso i rapidi cambiamenti dei venti. L'aereo sarà anche dotato di altamente sofisticati apparati di sensori a bordo che potranno istantaneamente "mappare" e automaticamente guidare il velivolo verso la parte più sicura dell'area interessata dalla tempesta. Si prevede che gli aeromobili saranno potenziati di sistemi elettronici in grado di resistere agli effetti delle scariche dei fulmini e potranno anche avere la capacità di generare un campo elettromagnetico intorno a sé che neutralizzerà o respingerà le scariche dei fulmini.

Ponendo che gli Stati Uniti conseguano alcuni o tutti i progressi tecnici nell'aviazione delineati sopra e mantengano il vantaggio tecnologico nel "settore del tempo atmosferico" rispetto agli avversari, possiamo allora andare oltre e guardare come potremmo modificare il tempo in funzione dello spazio atmosferico di battaglia in modo da fare il miglior uso del nostro vantaggio tecnico.

Le tecnologie di modificazione del tempo atmosferico potranno comprendere le tecniche che incrementano il calore latente rilasciato nell'atmosfera, fornire vapore acqueo addizionale per lo sviluppo delle celle nuvolose, e anche fornire una superficie addizionale e ridurre il riscaldamento dell'atmosfera per aumentare l'instabilità atmosferica. Fondamentale per il successo di ogni tentativo di innescare una tempesta sono le condizioni atmosferiche preesistenti localmente e regionalmente. L'atmosfera deve essere già in condizioni di instabilità e le dinamiche di larga scala devono essere a sostegno dello sviluppo di nuvole verticali. La traiettoria delle celle di tempesta una volta sviluppate o intensificate

dipende non solo dalle dinamiche di mesoscala della tempesta ma dai parametri di flusso dei venti atmosferici a scala regionale e sinottica (globale) presenti nell'area, parametri che non sono al momento controllabili dall'uomo.

Come indicato, gli ostacoli tecnici alla creazione delle tempeste a sostegno delle operazioni militari sono ovviamente più grandi rispetto all'incremento delle precipitazioni o alla dispersione della nebbia come già menzionato. Un campo della ricerca sulle tempeste che potrebbe significativamente beneficiare le operazioni militari è la modificazione dei fulmini. Gli sforzi di molte ricerche si stanno orientando verso lo sviluppo di tecniche per diminuire il verificarsi o i rischi associati ai fulmini. I concetti da esplorare includono l'aumento dell'efficienza di base dei temporali, stimolando il meccanismo di scatenamento che innesca la saetta, e scatenando fulmini come quello che colpì l'Apollo 12 nel 1968²². I possibili meccanismi da indagare starebbero nei modi per modificare le caratteristiche elettro-potenziali al di sopra di certi obiettivi in modo da indurre i fulmini a colpire gli obiettivi desiderati quando la tempesta passa sopra di loro.

In sintesi, la capacità di modificare il tempo nel settore atmosferico di battaglia mediante la creazione o l'aumento della zona di tempesta ci permetterebbe di sfruttare i progressi tecnologici sul "tempo atmosferico" dei nostri aeromobili del 2025; quest'area ha un potenziale tremendo e i programmi di ricerca e sviluppo dovrebbe indirizzarsi verso di essa nel futuro.

Sfruttamento dello "spazio vicino" per il controllo dello Spazio

Questo paragrafo parla delle opportunità di controllare e modificare la ionosfera e l'ambiente spaziale intorno alla Terra per aumentare la forza militare; e nello specifico per aumentare le nostre comunicazioni, le capacità di sorveglianza e di navigazione e/o indebolire quelle dei nostri nemici. Una breve descrizione tecnica della ionosfera e della sua importanza nel sistema di comunicazioni correnti è descritta nell'appendice A.

Per il 2025, sarà possibile modificare la ionosfera e lo spazio circostante, creando una varietà di potenziali applicazioni, come detto sopra. Tuttavia, prima che la modificazione della ionosfera divenga possibile, sono necessari una serie di progressi nelle previsioni e delle osservazioni meteorologiche a livello spaziale. Molti di questi bisogni sono descritti nello studio Spacecast 2020, Space Weather Support for Communications.²³ Alcuni spunti da questo studio sono riportati nell'appendice B; è importante notare che la nostra capacità di sfruttare lo spazio (circostante la ionosfera ndr) dipende dalle capacità di successo nel settore delle osservazioni e delle previsioni.

Opportunità fornite dalla modificazione al tempo atmosferico dello spazio

La modificazione dell'ambiente spaziale circostante la Terra è cruciale per il dominio del campo di battaglia. Il generale Charles Horner, comandante in capo del comando spaziale degli Stati Uniti, descriveva il suo peggiore incubo che era quello " di vedere un intero battaglione di Marina fatto fuori in una zona in territorio straniero perché lui non era stato in grado di smentire l'*intelligence* e le immagini del nemico generate dallo spazio."²⁴ La modificazione attiva potrebbe fornire un "trucco tecnologico" per ingannare la sorveglianza attiva e passiva del nemico e i suoi sistemi di riconoscimento. In breve, *una capacità operativa di modificare lo spazio circostante assicurerebbe la superiorità in campo spaziale nel 2025; questa capacità permettere di plasmare e controllare il campo di battaglia attraverso lo sviluppo di puntuali sistemi di comunicazione, sorveglianza, navigazione, e di combattimento.*

Mentre sappiamo che i progressi tecnologici possono far venir meno l'importanza di certe frequenze elettromagnetiche per le forze aerospaziali degli Stati Uniti nel 2025 (come le bande delle radio frequenze (RF), delle alte frequenze (HF) e delle frequenze altissime (VHF)), le capacità descritte sotto sono ciò nonostante rilevanti. I nostri avversari meno importanti dovranno dipendere probabilmente ancora da tali frequenze per le comunicazioni, la sorveglianza e la navigazione e saranno perciò estremamente vulnerabili al disordine creato per mezzo delle modificazioni al tempo atmosferico spaziale.

Dominio delle comunicazioni attraverso la modificazione della ionosfera

La manipolazione della ionosfera per aumentare o disturbare le comunicazioni è di recente diventata oggetto di ricerca attiva. Secondo Lewis M. Duncan e Robert L. Showen, la prima Unione Sovietica (URSS) condusse ricerche teoriche e sperimentali in questo campo a un livello considerevolmente grande rispetto ai programmi dell'Occidente. C'era una grande spinta verso queste ricerche, perché

*le modificazioni indotte sulla ionosfera possono influenzare, o persino danneggiare, le operazioni dei sistemi radio che contano sulla propagazione attraverso la regione modificata. La generazione controllata o la dissipazione accelerata dei disturbi ionosferici possono essere usate per produrre nuove traiettorie di propagazione, altrimenti non disponibili, appropriate per missioni a RF selezionate.*²⁶

Sono stati esplorati e proposti vari metodi per modificare la ionosfera, inclusa l'iniezione di vapori chimici e il riscaldamento o il caricamento con radiazioni elettromagnetiche o fasci di particelle (come ioni, particelle neutre, raggi X, particelle MeV, e elettroni energetici).²⁷ E' importante notare come molte tecniche di modificazione dell'atmosfera superiore sono state in teoria sperimentate con successo. Le tecniche di modifica applicate sul campo dall'URSS comprendono il riscaldamento verticale con alte frequenze, obliquo con alte frequenze, con microonde, e modifiche magnetosferiche.²⁸ Applicazioni militari significative di tali modificazioni includono la produzione di comunicazioni a bassa frequenza (LF), di comunicazioni condotte ad alta frequenza (HF), e la creazione di una ionosfera artificiale (discussa in dettaglio sotto). Inoltre, anche i paesi in via di sviluppo riconoscono i benefici delle modificazioni ionosferiche: "all'inizio degli anni '80, il Brasile condusse un esperimento per modificare la ionosfera tramite iniezioni chimiche."²⁹

Diverse possibilità di buona riuscita che possono scaturire dalle modifiche della ionosfera o dello spazio più prossimo sono descritte brevemente sotto. Bisogna sottolineare che questo elenco non è esaustivo; la manipolazione della ionosfera è un'area ricca di potenziali applicazioni ed esistono anche una serie di applicazioni derivate che devono essere ancora previste.

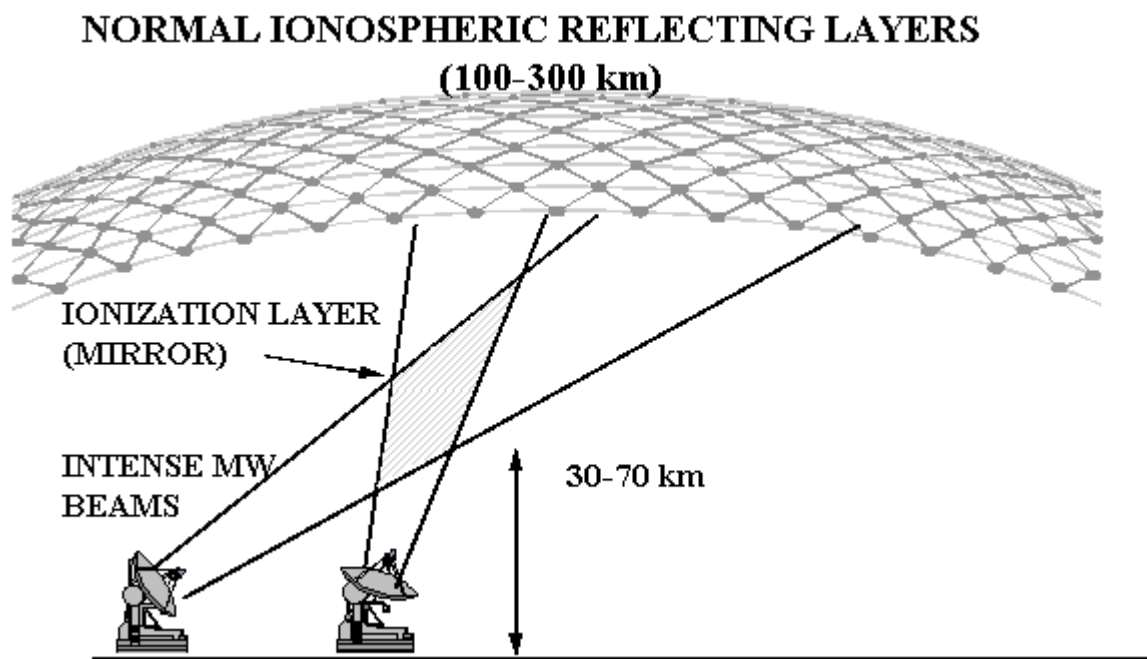
Gli specchi ionosferici per le comunicazioni di precisione o per le trasmissioni oltre l'orizzonte (OTH).

Le proprietà e i limiti della ionosfera come mezzo di riflessione delle radiazioni ad alta frequenza sono descritte nell'appendice A. Il maggiore svantaggio nel dipendere dalla ionosfera per riflettere le onde radio è la sua variabilità, che è dovuta al tempo atmosferico ordinario dello spazio e ai suoi eventi come le eruzioni solari e le tempeste elettromagnetiche. La ionosfera è stata descritta come un foglio increspato di una carta cerata la cui posizione relativa si innalza e si abbassa in funzione delle condizioni meteorologiche. Anche la topografia della superficie di una carta increspata cambia costantemente, portando a variabilità nelle sue proprietà di riflessione, rifrazione e trasmissione.

La creazione di una ionosfera artificiale uniforme fu proposta per primo da un ricercatore sovietico A. V. Gurevich alla metà degli anni '70. Uno specchio ionosferico artificiale (AIM) servirebbe come uno specchio di precisione per le radiazioni elettromagnetiche di una frequenza selezionata o di uno spettro di frequenze. Potrebbe tornare utile perciò sia per il controllo di precisione delle comunicazioni amiche che per intercettare le trasmissioni del nemico.

Questo concetto è stato descritto in dettaglio da Paul A. Kossey, e altri, in un documento intitolato "Specchi ionosferici artificiali (AIM)."³⁰ Gli autori descrivono come uno potrebbe controllare con precisione la localizzazione e l'altitudine della regione soggetta a una ionizzazione prodotta artificialmente utilizzando fasci di microonde (MW) incrociati, che producono scariche atmosferiche (ionizzazione) di tipo neutrale. Le implicazioni di tale controllo sono enormi: non si sarebbe più così soggetti ai capricci della ionosfera naturale, ma si avrebbe invece il controllo diretto dell'ambiente di propagazione. Idealmente, gli AIM potrebbero essere rapidamente creati e poi mantenuti per il breve periodo richiesto dalle operazioni. Uno schema che illustra il metodo a fasci incrociati per la generazione di un AIM è mostrato nella figura 4-1.³¹

Un AIM potrebbe in teoria riflettere le onde radio con frequenze fino a 2 GHz, che è quasi due volte il doppio di magnitudine di quelle onde riflesse per mezzo della ionosfera naturale. I fabbisogni di potenza radiante di MW per un tale sistema sono approssimativamente un ordine di grandezza più grande dei sistemi disponibili nel 1992; tuttavia, per il 2025 ci si aspetta che tale capacità di potenza sia facilmente raggiungibile.



Fonte: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

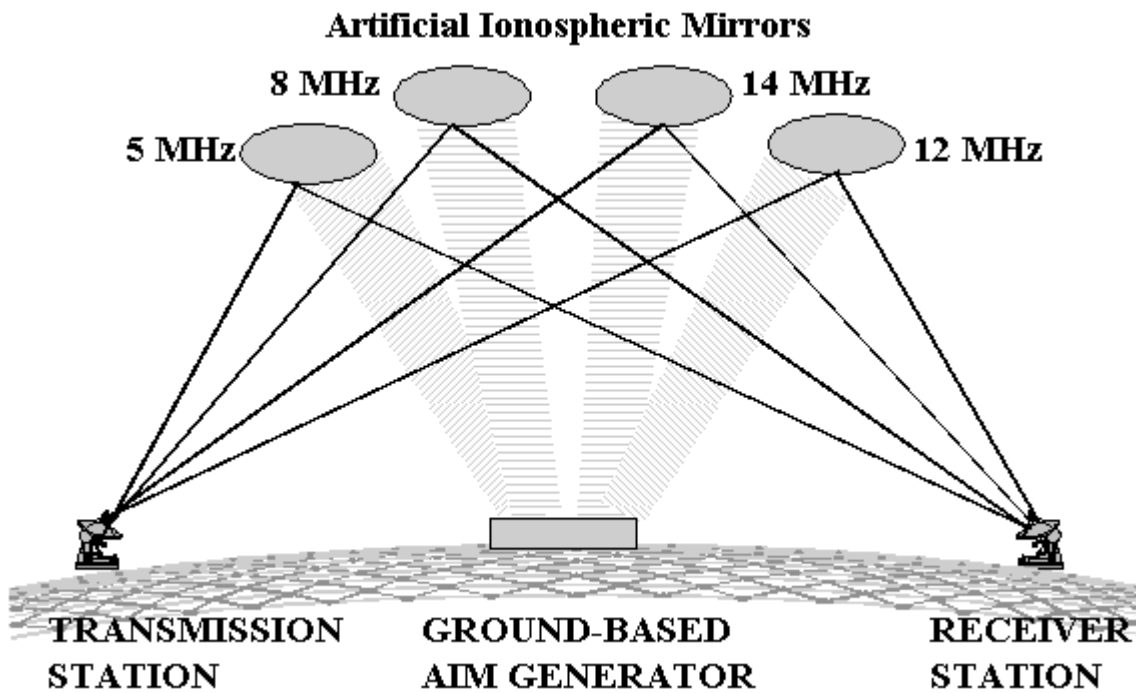
Figura 4-1. Metodo a fasci incrociati per la generazione di un Specchio Ionosferico Artificiale

Oltre a fornire un controllo preciso delle comunicazioni e la capacità potenziale di intercettarle, questa tecnologia fornirebbe anche la capacità di comunicare a determinate frequenze, in base a quanto desiderato. La figura 4-2 mostra come un radar posto a terra sia in grado di generare una serie di AIM, ciascuna delle quali potrebbe essere modellata per riflettere una frequenza di trasmissione determinata. Un tale apparato potrebbe espandere notevolmente la banda

disponibile per le comunicazioni e anche eliminare il problema dell'interferenza e le interferenze stesse(permettendo a ognuno di usare il livello di forza richiesto).

Kossey e altri hanno inoltre descritto come le AIM possano essere usate per migliorare la capacità dei radar OTH:

I radar basati su tecnologia AIM possono essere impiegati a una frequenza scelta per il monitoraggio di un obiettivo, piuttosto che essere limitati dalle condizioni ionosferiche prevalenti. Questo, combinato con la possibilità di controllare la polarizzazione delle onde dei radar per mitigare gli effetti di disturbo, potrebbero risultare in un'attendibile fonte di informazione sui missili da crociera e altri obiettivi difficilmente visibili.³²



Fonte: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

Figura 4-2. Comunicazioni Point-to-Point tramite gli specchi ionosferici artificiali

Un'illustrazione schematica di questo concetto è mostrata nella figura 4-3. I vantaggi potenziali sui radar OTH convenzionali includono il controllo di frequenza, la mitigazione degli effetti dell'aurora, le operazioni a bassa intensità, e l'investistazione su un obiettivo di un settore più piccolo.

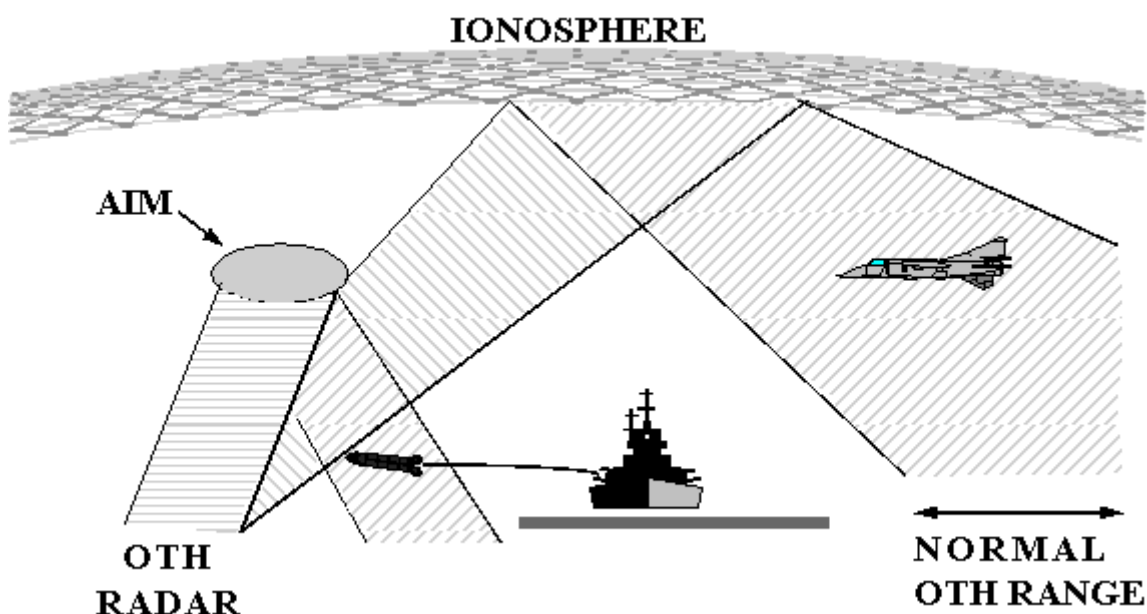


FIG. 4-3

Fonte: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

Figura 4-3. Concetto di sorveglianza oltre l'orizzonte tramite uno specchio ionosferico artificiale

Disturbo delle comunicazioni e controllo radar tramite la ionosfera. Una variazione della capacità proposta sopra sta nella modifica della ionosfera per disturbare la comunicazione del nemico o le trasmissioni radar. Poiché le comunicazioni HF dipendono direttamente dalle proprietà della ionosfera, una regione ionizzata creata artificialmente potrebbe concepirsi disturbare le trasmissioni elettromagnetiche del nemico. Persino in assenza di una regione ionizzata artificialmente, la modificazione ad alte frequenze provoca variazioni ionosferiche a grande scala che alterano le caratteristiche di propagazione HF.

Il ritorno in termini di benefici della ricerca focalizzata sul controllo di queste variazioni potrebbe essere alto così come sono possibili l'incremento e il disturbo delle comunicazioni HF. L'interferenza in senso offensivo di questo tipo sarebbe con tutta probabilità indistinguibile da quella che naturalmente interessa il tempo atmosferico dello spazio. Questa capacità potrebbe anche essere impiegata per localizzare con precisione la fonte delle trasmissioni elettromagnetiche nemiche.

Le comunicazioni via satellite di frequenze VHF, UHF, e di frequenze super alte (SHF) potrebbero essere disturbate creando scintillazioni artificiali nella ionosfera. Questo fenomeno provoca fluttuazioni nella fase e nell'ampiezza delle onde radio al di sopra di una banda molto larga (da 30 MHz a 30 GHz). La modificazione HF produce irregolarità della densità degli elettroni che provoca la scintillazione su una banda larga di frequenze. La dimensione delle irregolarità determina quale banda di frequenza sarà interessata. Comprendere come controllare lo spettro delle irregolarità artificiali generate nel processo di modificazione HF dovrebbe essere un obiettivo primario della ricerca in questo campo. In più, può essere possibile eliminare la crescita delle irregolarità naturali dovute ai ridotti livelli di scintillazione naturale. Creare uno scintillamento di tipo artificiale ci permetterebbe di danneggiare le trasmissioni satellitari in regioni ben definite. Al pari del disturbo HF sopra descritto, tali azioni sarebbero indistinguibili dagli eventi che accadono naturalmente nell'ambiente. La figura 4-4 mostra come le zone artificialmente ionizzate possono essere impiegate per disturbare le comunicazioni HF

tramite l'attenuazione, la diffusione, l'assorbimento (fig. 4-4a) o il peggioramento delle comunicazioni satellitari con la scintillazione o la perdita di energia (fig. 4-4b) (dal Ref. 25).

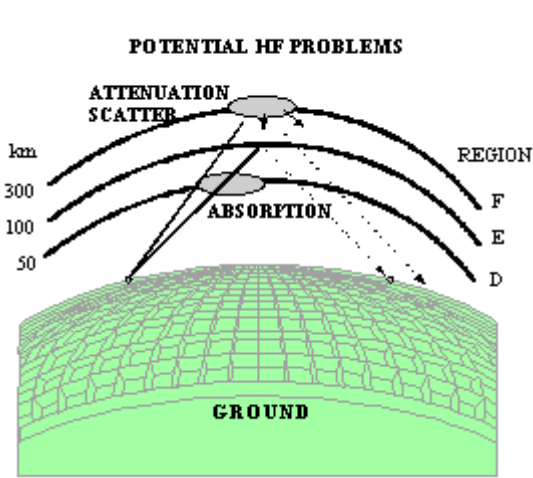


FIG. 4-4 a

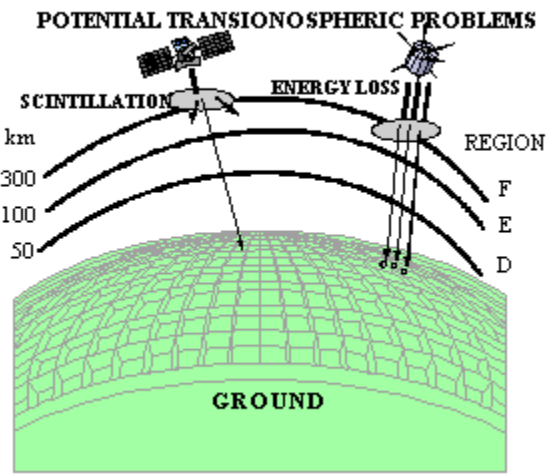


FIG. 4-4 b

Fonte: Microsoft Clipart Gallery © 1995 with courtesy from Microsoft.

Figura 4-4. Scenari relativi al disturbo delle telecomunicazioni

Far esplodere o rendere inattivi i mezzi spaziali che attraversano lo spazio più prossimo alla Terra. La ionosfera potrebbe essere potenzialmente essere caricata o cosparsa in modo artificiale con una radiazione fino al punto da renderla inospitale per i satelliti o altre strutture spaziali. Il risultato potrebbe andare dalla temporanea disattivazione dell'obiettivo alla sua completa distruzione attraverso un esplosione indotta. Naturalmente, l'impiego effettivo di tale capacità dipende dalla destrezza nell'applicarla in regioni dello spazio selezionate.

Caricare i mezzi spaziali con il trasferimento di energia attraverso lo spazio vicino. In contrasto rispetto alle capacità di distruzione sopra illustrate, le regioni della ionosfera potrebbero potenzialmente essere modificate o usate così come sono per rivitalizzare le attività spaziali, ad esempio caricando i loro sistemi di generazione di energia. La carica naturale della ionosfera potrebbe servire a fornire più energia o la totalità di energia al satellite. Sono stati pubblicati nell'ultimo decennio una serie di documenti sul caricamento elettrico dei veicoli spaziali; tuttavia, convenendo con un autore, "a dispetto del significativo sforzo prodotto sia in campo teorico che sperimentale, il problema del caricamento dei veicoli è lontano da essere compreso".³³ Mentre la sfida tecnica è considerevole, il potenziale per produrre energia elettrostatica per alimentare gli accumulatori di energia del satellite avrebbero un alto ritorno, rendendo possibile l'estensione della durata di servizio delle attività spaziali a un costo relativamente basso. Inoltre, sfruttando la capacità di potenti onde radio ad alta frequenza (HF) di accelerare gli elettroni a energie relativamente alte si può anche facilitare il degradamento delle attività spaziali nemiche attraverso il bombardamento diretto per mezzo di fasci di elettroni indotti con alte frequenze. Così come per i disturbi delle comunicazioni e la scintillazione indotti tramite le alte frequenze artificiali, il danneggiamento del veicolo spaziale nemico con tali tecniche sarebbe in realtà indistinguibile da quello provocato da eventi di tipo naturale. La ricerca e l'ottimizzazione dei meccanismi di accelerazione delle alte frequenze (HF) sia in funzione non ostile che ostile è un importante area per gli impegni della ricerca nel futuro.

Il tempo atmosferico artificiale

Mentre molti degli sforzi per modificare il tempo atmosferico dipendono da determinate condizioni di partenza, può essere possibile produrre alcuni effetti meteorologici artificialmente, indipendentemente dalle condizioni preesistenti. Per esempio, un tempo virtuale potrebbe essere creato influenzando le informazioni sul tempo ricevute da un utilizzatore finale. La loro percezione dei valori parametrici o delle immagini dai sistemi di informazione meteorologici globali e locali differirebbe dalla realtà. La differenza nella percezione indurrebbe l'utilizzatore finale di queste informazioni a prendere decisioni operative sbagliate.

Anche la nanotecnologia offre possibilità per creare un tempo atmosferico simulato. Una nube, o diverse nubi, composte di microscopiche particelle computerizzate, tutte comunicanti l'una con l'altra e dotate di un sistema di controllo più ampio potrebbe fornire una capacità tremenda. Tali nubi interconnesse, galleggianti nell'atmosfera, e dotate di capacità di movimento nelle tre dimensioni, potrebbero essere progettate per avere un largo spettro di impieghi. Esse potrebbero esclusivamente bloccare i sensori di tipo ottico o essere adattate per diventare invisibili ad altri sistemi di sorveglianza. Esse potrebbero anche fornire una differenziale di potenza elettrica nell'atmosfera, che altrimenti non potrebbe esistere, per provocare tempeste di fulmini a comando con precisione spazio-temporale. Anche se i livelli di potenza raggiunti saranno insufficienti per costituire una reale arma da combattimento, il potenziale per effettuare operazioni di tipo psicologico potrà rivelarsi fantastico.

Uno dei maggiori vantaggi di utilizzare il tempo atmosferico simulato per raggiungere un determinato effetto è che diversamente da altri metodi, è che produce quello che altrimenti è il risultato di azioni deliberate, in modo da apparire come se fosse la conseguenza di fenomeni meteorologici naturali. Inoltre, è potenzialmente e relativamente non costoso farlo. Secondo J. Storrs Hall, uno scienziato della Università di Rutgers che ha condotto ricerche sulle nanotecnologie, i costi di produzione di queste nanoparticelle potrebbero essere all'incirca pari a quello delle patate.³⁴ Questo ovviamente al netto dei costi di ricerca e sviluppo, che saranno principalmente sostenuti dal settore privato e considerati un investimento per il 2025 e probabilmente anche prima.

Sintesi del concetto di operazioni

Il tempo atmosferico agisce su tutto quello che facciamo, e la sua manipolazione può aumentare la nostra abilità di dominare l'ambiente aerospaziale. Esso ci fornisce gli strumenti di comando per plasmare il campo di battaglia. Ci fornisce gli strumenti logistici per ottimizzare il processo. Dà ai combattenti nell'arena un ambiente operativo letteralmente confacente ai loro bisogni. Alcune delle capacità potenziali che i sistemi di modificazioni del meteo potrebbero fornire a un CINC combattente di guerra sono sintetizzate nella tabella 1, del sommario operativo.

Note

1 Un programma pilota conosciuto come Progetto Popeye condotto nel 1966 nel tentativo di estendere la stagione dei monsoni al fine di aumentare il livello di fango sul sentiero di Ho Chi Minh in modo da ridurre i movimenti del nemico. Un agente con nuclei di ioduro d'argento fu disperso da aerei WC-130, F4 e A-1E all'interno delle nubi poste sopra il sentiero partendo dal Nord Vietnam a partire dal Laos e la Cambogia. I risultati positivi conseguiti nel corso del programma iniziale portarono a continue operazioni dal 1967 al 1972.

Mentre gli effetti di questo programma rimangono controversi , alcuni scienziati ritengono che il risultato causò una drastica riduzione della capacità del nemico di portare rifornimenti al Vietnam del Sud. attraverso il sentiero. E. M. Frisby, "Weather-modification in Southeast Asia, 1966–1972," *The Journal of Weather-modification* 14, no. 1 (April 1982): 1–3.

2 William M. Gray et al., "Weather-modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy," *Journal of Applied Meteorology* 15 (April 1976): 355.

3 Ibid.

4 Ibid.

5 Ibid., 367.

6 AWS PLAN 813 Appendix I Annex Alfa (Scott AFB, Ill.: Air Weather Service/(MAC) 14 January 1972), 11. Hereafter cited as Annex Alfa.

7 Capt Frank G. Coons, "Warm Fog Dispersal—A Different Story," *Aerospace Safety* 25, no. 10 (October 1969): 16.

8 Annex Alfa, 14.29

9 Warren C. Kocmond, "Dissipation of Natural Fog in the Atmosphere," *Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts*, NASA SP-212 (Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969), 74.

10 James E. Justo, "Some Principles of Fog Modification with Hygroscopic Nuclei," *Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts*, NASA SP-212 (Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969), 37.

11 Maj Roy Dwyer, *Category III or Fog Dispersal*, M-U 35582-7 D993a c.1 (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, May 1972), 51.

12 James McLare, *Pulp & Paper* 68, no. 8 (August 1994): 79.

13 Milton M. Klein, *A Feasibility Study of the Use of Radiant Energy for Fog Dispersal*, Abstract (Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, October 1978).

14 Edward M. Tomlinson, Kenneth C. Young, and Duane D. Smith, *Laser Technology Applications for Dissipation of Warm Fog at Airfields*, PL-TR-92-2087 (Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, 1992).

15 J. Storrs Hall, "Overview of Nanotechnology," adapted from papers by Ralph C. Merkle and K. Eric Drexler, Internet address: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html>, Rutgers University, November 1995.

16 Robert A. Sutherland, "Results of Man-Made Fog Experiment," *Proceedings of the 1991 Battlefield Atmospheric Conference* (Fort Bliss, Tex.: Hinman Hall, 3–6 December 1991).

17 Christopher Centner et al., "Environmental Warfare: Implications for Policymakers and War Planners" (Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, May 1995), 39.

18 Louis J. Battan, *Harvesting the Clouds* (Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1960), 120.

19 Facts on File 55, no. 2866 (2 November 95).

20 Gene S. Stuart, "Whirlwinds and Thunderbolts," *Nature on the Rampage* (Washington, D.C.: National Geographic Society, 1986), 130.

21 Ibid., 140.

22 Heinz W. Kasemir, "Lightning Suppression by Chaff Seeding and Triggered Lightning," in Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification* (New York: John Wiley & Sons, 1974), 623–628.

23 SPACECAST 2020, *Space Weather Support for Communications*, white paper G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

24 Gen Charles Horner, "Space Seen as Challenge, Military's Final Frontier," *Defense Issues*, (Prepared Statement to the Senate Armed Services Committee), 22 April 1993, 7.

25 Lewis M. Duncan and Robert L. Showen, "Review of Soviet Ionospheric Modification Research," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, (AGARD Conference Proceedings 485, October, 1990), 2-1.

26 Ibid.

27 Peter M. Banks, "Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990) 19-1.

28 Capt Mike Johnson, *Upper Atmospheric Research and Modification—Former Soviet Union* (U), DST-18205-475-92 (Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992), 3. (Secret) Information extracted is unclassified.

29 Capt Edward E. Hume, Jr., *Atmospheric and Space Environmental Research Programs in Brazil* (U) (Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, March 1993), 12. (Secret) Information extracted is unclassified.

30

30 Paul A. Kossey et al. "Artificial Ionospheric Mirrors (AIM)," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990), 17A-1.

31 Ibid., 17A-7.

32 Ibid., 17A-10.

33 B. N. Maehlum and J. Troim, "Vehicle Charging in Low Density Plasmas," in *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* (AGARD Conference Proceedings 485, October 1990), 24-1.

34 Hall.

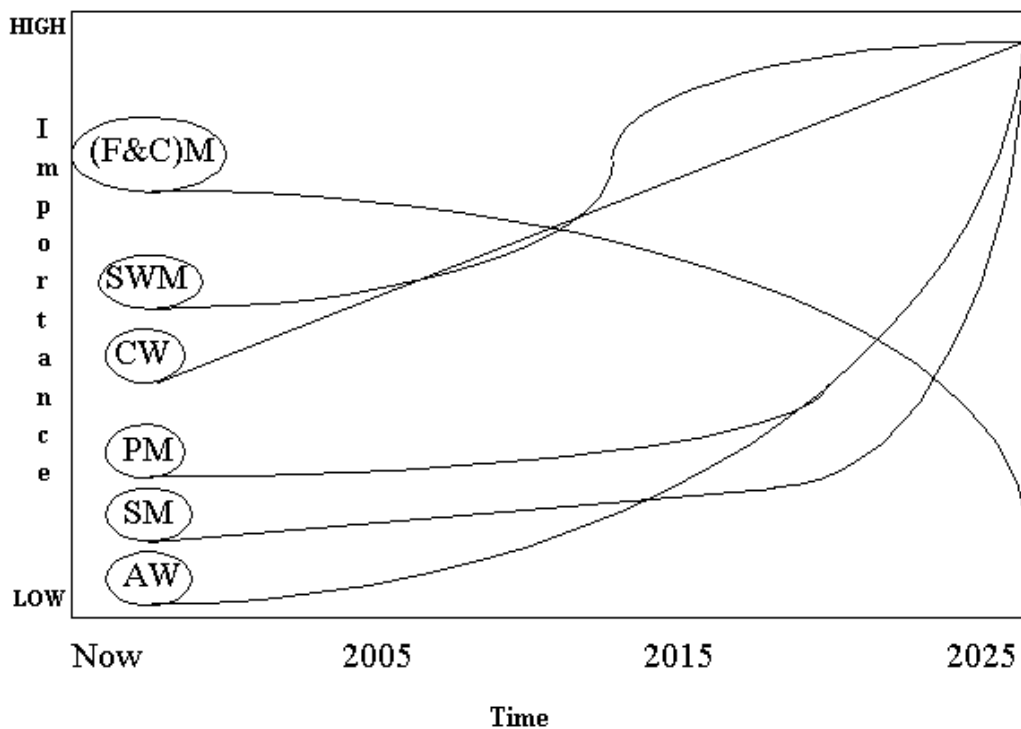
Capitolo 5

Raccomandazioni per la ricerca

Come possiamo arrivarci partendo dal presente?

Per potere apprezzare appieno lo sviluppo delle specifiche capacità operative di modificazione del tempo atmosferico in uno scenario bellico, dobbiamo esaminare e comprendere la loro relazione con la base associata di competenze e lo sviluppo delle tecnologie necessarie. La figura 5-1 combina le specifiche capacità operative di cui alla tabella 1 in sei capacità di base e raffigura la loro importanza relativa con il passare del tempo. Ad esempio, la nebbia e le modifiche alle nuvole sono attualmente importanti e rimarranno così per qualche tempo per nascondere le nostre attività di controllo o per migliorare la visibilità di atterraggio negli aeroporti.

Tuttavia, mentre le attività di sorveglianza diventano meno dipendenti dalla vista e gli aerei acquisiscono la completa capacità di atterrare in qualsiasi condizione atmosferica, la nebbia e le applicazioni di modifica delle nuvole diventano meno importanti. In contrasto, attualmente non esistono tecnologie meteorologiche artificiali. Ma come saranno sviluppate, l'importanza delle loro potenziali applicazioni aumenterà rapidamente. Ad esempio, la futura proliferazione delle tecnologie di sorveglianza di cui abbiamo parlato renderà la capacità di neutralizzare la sorveglianza stessa,



Legenda

PM modificazione delle precipitazioni
SM modificazione dei temporali
SWM modificazione del meteo spaziale

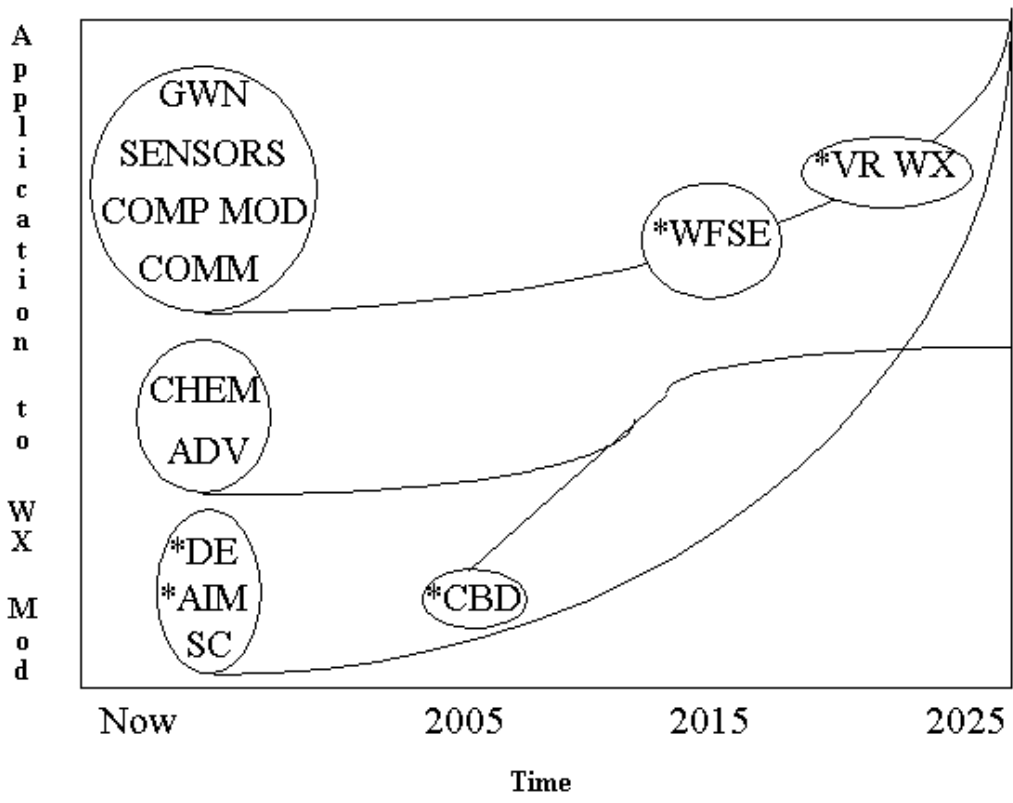
(F&C) M modificazione della nebbia e delle nubi
CW tempo atmosferico avverso
AW tempo atmosferico artificiale

Figura 5-1. Tabella di marcia della capacità di base di modificazione al meteo entro il 2025.

incredibilmente preziosa. In un ambiente del genere, le nuvole fatte di particelle *smart* (intelligenti), come descritto nel capitolo 4, potrebbero fornire una capacità assai vantaggiosa.

Di solito, anche oggi, le forze armate più tecnologicamente avanzate, preferiscono combattere in situazioni di bel tempo e di cieli blu. Ma, appena le tecnologie belliche prolifereranno, avendo un vantaggio tecnologico, preferiranno combattere con il tempo meteo che dà loro un vantaggio. L'esercito americano ha già accennato a questo approccio nel loro concetto di "possedere il tempo atmosferico."¹ Di conseguenza, le modifiche meteo diventeranno più preziose con il trascorrere del tempo. Data l'importanza delle modifiche delle precipitazioni è anche probabile di riuscire ad aumentarle, quando le fonti d'acqua utilizzabili diventeranno più scarse in parti instabili del mondo.

Mentre sempre più paesi perseguono, lo sviluppo e lo sfruttamento di crescenti tipi e gradi di tecnologie di modificazione del meteo, dobbiamo essere in grado di monitorare i loro sforzi e quando necessario, contrastare le loro attività. Come illustrato, le tecnologie e le funzionalità associate a una determinata capacità di modificare il meteo diverranno sempre più importanti. L'importanza della modificazione del meteo aumenterà col tempo. La loro ascesa sarà più rapida appena con le stesse tecnologie si potrà meglio sostenere o negare il loro proliferare. In seguito, mentre tali tecnologie maturano o diventano obsolete, l'importanza della modificazione del tempo continuerà a salire, ma non così rapidamente. Per ottenere le funzionalità di base raffigurate nella figura 5-1, le tecnologie e i sistemi necessari potrebbero essere sviluppati secondo il processo illustrato nella figura 5-2.



Legenda		DE	energia diretta
ADV	veicoli aerospaziali di lancio	GWN	rete globale meteorologica
AIM	specchi ionosferici artificiali	SC	nuvole intelligenti (nanotecnologia)
CHEM	sostanze chimiche	SENSORS	sensori
CBD	polvere di carbone	VR WX	meteo virtuale
COMM	comunicazioni	WFSE	supporto alla forza del tempo atmosferico
COMP MOD	sviluppo di computer		
* Tecnologie da sviluppare dal DOD (Dipartimento della Difesa)			

Figure 5-2. Tabella di marcia dei sistemi di sviluppo delle modifiche al tempo entro il 2025.

Questa figura illustra la tempistica dello sviluppo dei sistemi e la sequenza necessaria per realizzare una capacità di modificazione del tempo atmosferico sui campi di battaglia entro il 2025.

L'asse orizzontale rappresenta il tempo. L'asse verticale indica il grado in cui una data tecnologia sarà applicata per la modificazione del meteo. Come utente primario, il complesso militare, sarà lo sviluppatore principale delle tecnologie indicate con un asterisco. Il settore civile sarà la fonte principale per le restanti tecnologie.

Conclusioni

Le risorse limitate del pianeta e il continuo aumento dei bisogni, guideranno il desiderio di proteggere le persone e i beni in modo più efficiente utilizzando al meglio le terre coltivabili, le foreste e terreni. La possibilità di modificare il meteo può essere desiderabile sia per ragioni economiche che di difesa. Il sistema meteo globale è stato descritto come una serie di sfere o bolle. Spingere verso il basso su una provoca su un'altra una modificazione.² Abbiamo bisogno di sapere quando un altro potere "spinge" nella sua regione su una sfera, e come questo influenzerà sia il nostro territorio sia le aree di interesse economico e politico per gli Stati Uniti.

Sforzi, sono già in corso per creare modelli meteo più completi principalmente per migliorare le previsioni, ma i ricercatori stanno anche cercando di influenzare i risultati di questi modelli con l'aggiunta di piccole quantità di energia al momento giusto e nel luogo giusto. Questi programmi, in questo momento sono estremamente limitati e non sono ancora convalidati, ma c'è un grande potenziale per migliorarli nei prossimi 30 anni.³

Le lezioni della storia indicano che una vera e propria capacità di modificazione del tempo atmosferico finirà per esistere nonostante i rischi. Esiste la tecnologia. La gente ha sempre voluto controllare il meteo e il loro desiderio li costringerà collettivamente a perseguire un tale obiettivo. Esiste la motivazione. I potenziali benefici e il potere associato sono estremamente redditizi e allettanti per coloro che hanno le risorse per svilupparli.

Questa combinazione di motivazione e di risorse alla fine produrrà la tecnologia. La storia insegna anche che non possiamo permetterci di essere senza una capacità di modificazione del tempo una volta che la tecnologia è sviluppata e usata da altri. Anche se non abbiamo intenzione di usarla, altri lo faranno. Torna l'analogia con le armi atomiche, dobbiamo essere in grado di scoraggiare o sorvegliare la loro capacità con la nostra. Pertanto, il tempo atmosferico e i centri di *intelligence* devono tenere il passo con le azioni altrui.

Come i capitoli precedenti hanno dimostrato, la modificazione del tempo atmosferico è un moltiplicatore di forza con un enorme potere che potrebbe essere sfruttato attraverso l'intero spettro dei teatri di guerra. Per migliorare le operazioni amiche o disturbare quelle del nemico tramite modifiche su piccola scala delle condizioni atmosferiche naturali porta al completo dominio delle comunicazioni globali e al controllo dell'ambiente, la modificazione del meteo offre ai combattenti un'ampia gamma di possibili opzioni per sconfiggere o reprimere un avversario.

Mentre gli sforzi per le modificazioni meteo finalizzate all'attacco dovrebbero certamente essere intraprese dalle forze statunitensi con grande cautela e timore, è chiaro che non possiamo permettere ad un avversario di ottenere una capacità di modificazione del meteo esclusiva.

Note

¹ Mary Ann Seagraves and Richard Szymer, "Weather a Force Multiplier," *Military Review*, November/December 1995, 69.

² Daniel S. Halacy, *The Weather Changers* (New York: Harper & Row, 1968), 202.

³ William Brown, "Mathematicians Learn How to Tame Chaos," *New Scientist*, 30 May 1992, 16.

Appendice A

Perché la ionosfera è importante?

La ionosfera è quella parte dell'atmosfera terrestre che si estende fra i 60 e i 450 km di altitudine. Questa regione è costituita da strati di particelle libere cariche elettricamente che trasmettono, rifrangono e riflettono le onde radio, permettendo a tali onde di essere trasmesse a grandi distanze attorno alla Terra. L'interazione della ionosfera sulla radiazione elettromagnetica incidente dipende dalle proprietà dello strato ionosferico, la geometria della trasmissione, e la frequenza della radiazione incidente. Per un dato percorso del segnale attraverso l'atmosfera, esistono una serie di bande di frequenza sfruttabili. Queste gamme, tra la massima frequenza utilizzabile (MUF) e la più bassa frequenza utilizzabile (LUF), sono il luogo in cui le onde radio sono riflesse e rifratte dalla ionosfera nello stesso modo in cui uno specchio parziale può riflettere o rifrangere la luce visibile.¹ Le caratteristiche di riflessione e rifrazione della ionosfera forniscono un mezzo per trasmettere i segnali radio tra il trasmettitore e il ricevitore oltre la linea dell'orizzonte. Riflessione e rifrazione ionosferica sono stati utilizzati quasi esclusivamente per le comunicazioni ad alta frequenza (HF) a lungo raggio (da 3 a 30 MHz). Le onde radio con frequenze che vanno da 30 MHz a 300 GHz di solito sono utilizzate per le comunicazioni che richiedono che la stazione trasmittente e la ricevente siano a portata ottica, come avviene con le comunicazioni via satellite. A queste frequenze più alte, le onde radio si propagano attraverso la ionosfera con solo una piccola frazione di dispersione. I comunicatori ricevono un beneficio significativo dall'utilizzare queste frequenze, poiché forniscono una considerevolmente maggiore larghezza di banda e quindi hanno una maggiore capacità di trasporto dati, e sono anche meno soggette alle interferenze naturali (rumore).

Anche se la ionosfera agisce per le onde radio HF come uno "specchio" naturale, è in un costante stato di flusso dinamico (variabilità), e quindi, a volte, la sua "proprietà di specchio" può essere limitata. Al pari di quanto avviene al tempo atmosferico terrestre, le proprietà della ionosfera cambiano di anno in anno, di giorno in giorno, e persino di ora in ora. Questa variabilità ionosferica, chiamata, *condizioni meteorologiche spaziali*, può causare instabilità nelle comunicazioni tra terra e spazio che dipendono dalla riflessione ionosferica. Questa variabilità meteo/spaziale influisce nel modo in cui la ionosfera attenua, assorbe, riflette, rifrange, cambia la propagazione, la fase e le caratteristiche di ampiezza delle onde radio. Queste variazioni dipendenti dal tempo possono derivare da certe condizioni spazio/atmosferiche quali: (1) la variabilità della radiazione solare in entrata nell'atmosfera superiore, (2) il plasma solare entrante nel campo magnetico terrestre, (3) le maree atmosferiche-gravitazionali prodotte dal Sole e dalla Luna, e (4) il gonfiore verticale dell'atmosfera dovuta al riscaldamento diurno.² Il tempo spazio/atmosferico è inoltre significativamente influenzato dall'attività delle eruzioni solari, l'inclinazione del campo geomagnetico della Terra, e le brusche variazioni ionosferiche derivanti da eventi quali tempeste geomagnetiche.

In sintesi, la riflettività propria della ionosfera è un dono naturale che gli esseri umani hanno utilizzato per creare comunicazioni a lungo raggio o che collegano punti distanti del globo. Tuttavia, la variabilità naturale nella ionosfera riduce l'affidabilità dei sistemi di comunicazione che dipendono dalla riflessione e rifrazione ionosferica (principalmente HF). Nella maggior parte dei casi, le comunicazioni a frequenze superiori come le bande UHF, SHF e EHF sono trasmesse attraverso la ionosfera senza distorsione. Tuttavia, queste bande sono anche soggette al degrado causato dalla *scintillazione ionosferica*, un fenomeno indotto da brusche variazioni di densità elettronica lungo il percorso del segnale, con conseguente

dissolvenza del segnale stesso causata da variazioni dei percorsi dei segnali e sfocamento del segnale in ampiezza e/o fase.

La comprensione e la previsione della variabilità ionosferica e della sua influenza sulla trasmissione e la riflessione della radiazione elettromagnetica è stato un campo di indagine scientifica molto studiato. Migliorare la nostra capacità di osservazione, elaborando dei modelli e delle previsioni di meteorologia spaziale migliorerà notevolmente i nostri sistemi di comunicazione, sia a terra che nello spazio. E' stato condotto un notevole lavoro, sia all'interno del Dipartimento della Difesa (DOD) che nelle imprese del settore, per migliorare l'osservazione, la modellazione e le previsioni di meteorologia spaziale. Mentre permane una notevole sfida tecnica, ai fini di questo studio, si presume, che in queste aree, avverranno nei prossimi decenni notevoli miglioramenti.

Note

1 AU-18, *Space Handbook, An Analyst's Guide Vol. II.* (Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, December 1993), 196.

2 Thomas F. Tascione, *Introduction to the Space Environment* (Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984), 175.

Appendice B

Ricerca per una migliore comprensione e previsione degli effetti ionosferici

Secondo uno studio SPACECAST 2020 intitolato "*Space Weather for Communications*", i principali fattori che limitano la nostra capacità di osservare e fare accurate previsioni meteo spaziali sono: (1) l'attuale capacità di rilevamento ionosferico, (2) la densità e la frequenza dei rilevamenti ionosferici, (3) la sofisticazione e l'accuratezza dei modelli ionosferici, (4) l'attuale comprensione scientifica della fisica dei meccanismi di accoppiamento di ionosfera-termosfera-magnetosfera.¹ Il rapporto raccomanda che si realizzino miglioramenti nella nostra capacità di misurare la ionosfera sia verticale che spaziale, a tal fine, è stata proposta un'architettura di mappatura ionosferica. Tale sistema consisterebbe di ricevitori acustici ionosferici e altri dispositivi di rilevamento installati su una costellazione, tanto di satelliti del Dipartimento della Difesa (DoD) che commerciali (sfruttando in particolare la proposta del Sistema IRIDIUM e il completamento del GPS) e di una rete terrestre estesa di rilevatori ionosferici verticali, sia negli Stati Uniti che in altre nazioni. Capire e prevedere la scintillazione ionosferica richiede anche il lancio di un satellite di telerilevamento equatoriale oltre alla già pianificate e schierate costellazioni DOD e commerciali.

Il vantaggio di un tale sistema risiede nel miglioramento nell'accuratezza della previsione ionosferica dall'attuale intervallo del 40-60% ad una precisione prevista del 80-100%. La mappatura quotidiana in tutto il mondo della ionosfera fornirebbe i dati necessari per prevedere con precisione le caratteristiche della propagazione terrestre diurna in tutto il mondo dell'energia elettromagnetica tra i 3-300 MHz. Tale previsione migliorata contribuirebbe ad assistere gli operatori satellitari e gli utenti, con conseguente maggiore efficienza operativa dei sistemi spaziali. Potrebbe anche fornire il miglioramento di un ordine di grandezza nel localizzare le fonti di comunicazioni radio tattiche, consentendo la localizzazione e il monitoraggio delle piattaforme sia nemiche che amiche.² La migliorata capacità di previsione della scintillazione ionosferica fornirebbe un mezzo per migliorare l'affidabilità delle comunicazioni con l'uso di percorsi alternativi mediante raggi o trasmissioni in regioni prive di disturbi. Potrebbe anche consentire agli utenti operativi di accertare se le interruzioni sono causate dalla naturale variabilità ionosferica o al contrario a causa di azioni nemiche o problemi di hardware.

Questi progressi nell'osservazione ionosferica, la modellistica e la previsione, potrebbero migliorare l'affidabilità e la robustezza della nostra rete di comunicazioni militari. Oltre a notevoli vantaggi per la già esistente rete di comunicazioni, questi progressi sono necessari per l'ulteriore sfruttamento della ionosfera tramite modifiche attive.

Note

¹ SPACECAST 2020, *Space Weather Support for Communications*, white paper G, (Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994).

² Referenced in *ibid*.

Appendice C

Acronimi e definizioni

AOC	centro di operazioni di volo
AOR	area di responsabilità
ATO	ordine di missione aerea
EHF	frequenza extra alta
GWN	rete meteorologica globale
HF	alta frequenza
IR	infrarosso
LF	bassa frequenza
LUF	bassa frequenza utilizzabile
Mesoscala	meno di 200 km ²
Microscala	area locale immediata
MUF	frequenza massima utilizzabile
MW	microonda
OTH	oltre l'orizzonte
PGM	missili teleguidati di precisione
RF	radiofrequenza
SAR	radar ad apertura sintetica
SARSAT	ricerca e salvataggio tramite localizzazione satellitare assistita
SHF	frequenza super alta frequenza
SPOT	posizionamento satellitare e monitoraggio (o puntamento)
UAV	veicolo aerospaziale senza equipaggio (drone)
UV	ultravioletto
VHF	frequenza molto alta
WFS	specialisti forza meteo
WFSE	elemento di supporto alle forze (o armi) meteo
WX	tempo atmosferico

BIBLIOGRAFIA

- Appleman, Herbert S. *An Introduction to Weather-modification*. Scott AFB, Ill.: Air Weather Service (MAC), September 1969.
- AU-18, *Space Handbook, An Analyst's Guide Vol. II*. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, December 1993.
- AWS PLAN 813, Appendix I, Annex Alfa. Scott AFB, Ill.: Air Weather Service (MAC), 14 January 1972.
- Banks, Peter M. "Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms." In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- Batton, Louis J. *Harvesting the Clouds*. Garden City, N.Y.: Doubleday & Co., 1969.
- Brown, William. "Mathematicians Learn How to Tame Chaos." *New Scientist*, 30 May 1992.
- Byers, Horace R. "History of Weather-modification." In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Centner, Christopher, et al., "Environmental Warfare: Implications for Policymakers and War Planners." Maxwell AFB, Ala.: Air Command and Staff College, May 1995.
- Coons, Capt Frank G. "Warm Fog Dispersal—A Different Story." *Aerospace Safety* 25, no. 10 (October 1969).
- CJCSI 3810.01, Meteorological and Oceanographic Operations, 10 January 1995.
- Dawson, George. "An Introduction to Atmospheric Energy." In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Duncan, Lewis M., and Robert L. Showen "Review of Soviet Ionospheric Modification Research." In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- Dwyer, Maj Roy. *Category III or Fog Dispersal*, M-U 35582-7 D993a. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, May 1972.
- Eisenhower, Dwight E. "Crusade in Europe" quoted in John F. Fuller, ed., *Thor's Legions*. Boston: American Meteorology Society, 1990.
- Facts on File 55, No. 2866 (2 November 1995).
- Frisby, E. M. "Weather-modification in Southeast Asia, 1966–1972." *The Journal Of Weathermodification* 14, no. 1 (April 1982).
- Frisby, E. M. "Weather-modification in Southeast Asia, 1966-1972." *Journal of Applied Meteorology* 15(April 1976).
- Gray, William M., et al. "Weather-modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy." *Journal of Applied Meteorology* 15, (April 1976).
- Halacy, Daniel S. *The Weather Changers*. New York: Harper & Row, 1968.
- Hall, J. Storrs. "Overview of Nanotechnology" Adapted from papers by Ralph C. Merkle and K. Eric Drexler. Internet address: <http://nanotech.rutgers.edu/nanotech/-intro.html> (Rutgers University, November 1995).
- Horner, Gen Charles. "Space Seen as Challenge, Military's Final Frontier" (Prepared Statement to the Senate Armed Services Committee) *Defense Issues*, 22 April 1993.
- Hume, Capt Edward E., Jr. Atmospheric and Space Environmental Research Programs in Brazil (U), March 1993. Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secret) Information extracted is unclassified.
- James, G. E. "Chaos Theory: The Essentials for Military Applications" *ACSC Theater Air Campaign Studies Coursebook*, AY96, Vol. 8. Maxwell AFB, Ala.: Air University Press, 1995.
- Jiusto, James E. "Some Principles of Fog Modification with Hygroscopic Nuclei" *Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts*, NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.
- Johnson, Capt Mike. *Upper Atmospheric Research and Modification—Former Soviet Union (U)* supporting document DST-18205-475-92, Foreign Aerospace Science and Technology Center, AF Intelligence Command, 24 September 1992. (Secret) Information extracted is unclassified.
- Kasemir, Heinz W. "Lightning Suppression by Chaff Seeding and Triggered Lightning." In Wilmot N. Hess, ed., *Weather and Climate Modification*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Keaney, Thomas A., and Eliot A. Cohen, *Gulf War Air Power Survey Summary Report*. Washington D.C.: GPO, 1993.
- Klein, Milton M. *A Feasibility Study of the Use of Radiant Energy for Fog Dispersal* Abstract. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Material Command, October 1978.
- Kocmond, Warren C. "Dissipation of Natural Fog in the Atmosphere," *Progress of NASA Research on Warm Fog Properties and Modification Concepts*, NASA SP-212. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Division of the Office of Technology Utilization of the National Aeronautics and Space Administration, 1969.
- Kossey, Paul A., et al. "Artificial Ionospheric Mirrors (AIM) A. Concept and Issues," In *Ionospheric Modification and its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems*, AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.
- Maehlum, B. N., and J. Troim, "Vehicle Charging in Low Density Plasmas" In *Ionospheric Modification and Its Potential to Enhance or Degrade the Performance of Military Systems* AGARD Conference Proceedings 485, October 1990.

McLare, James. *Pulp & Paper* 68, no. 8, August 1994.

Meyer, William B. "The Life and Times of US Weather: What Can We Do About It?" *American Heritage* 37, no. 4 (June/July 1986).

Petersen, Rear Adm Sigmund. "NOAA Moves Toward The 21st Century." *The Military Engineer* 20, no. 571 (June-July 1995).

Riley, Lt Col Gerald F. Staff Weather Officer to CENTCOM OIC of CENTAF Weather Support Force and Commander of 3d Weather Squadron. In "Desert Shield/Desert Storm Interview Series," interviewed by Dr William E. Narwyn, AWS Historian, 29 May 1991.

Seagraves, Mary Ann, and Richard Szymber "Weather a Force Multiplier." *Military Review*, November/December 1995.

SPACECAST 2020. *Space Weather Support for Communications* White paper G. Maxwell AFB, Ala.: Air War College/2020, 1994.

Stuart, Gene S. "Whirlwinds and Thunderbolts," In *Nature on the Rampage*. Washington D.C.: National Geographic Society, 1986.

Sullivan, Gen Gordon R. "Moving into the 21st Century: America's Army and Modernization" *Military Review*. July 1993. Quoted in Mary Ann Seagraves and Richard Szymber "Weather a Force Multiplier" *Military Review*, November/December 1995.

Sutherland, Robert A. "Results of Man-Made Fog Experiment," In *Proceedings of the 1991 Battlefield Atmospheric Conference*. Fort Bliss, Tex.: Hinman Hall, 3-6 December 1991.

Tascione, Thomas F. *Introduction to the Space Environment*. Colorado Springs: USAF Academy Department of Physics, 1984.

Tomlinson, Edward M., Kenneth C. Young, and Duane D. Smith *Laser Technology Applications for Dissipation of Warm Fog at Airfields*, PL-TR-92-2087. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Materiel Command, 1992.

USAF Scientific Advisory Board. *New World Vistas: Air and Space Power for the 21st Century*, Summary Volume. Washington, D.C.: USAF Scientific Advisory Board, 15 December 1995.

US Department of State. *The Department of State Bulletin* 76, no. 1981 (13 June 1977)

Titolo originale: "Weather as a Force Multiplier: Owning the Weather in 2025" (August 1996).
 Traduzione in italiano a cura di nogeoingegneria.com (febbraio 2014)