

Dottrina delle comunicazioni militari

Questo libro fornisce un esame completo e sistematico delle comunicazioni militari come elemento centrale del comando, del controllo e dell'efficacia operativa delle forze armate moderne. Analizza i principi, l'organizzazione, la pianificazione, la sicurezza, la resilienza e l'interoperabilità dei sistemi di comunicazione militare in situazioni di pace, crisi e conflitto. L'opera integra le basi teoriche con le prospettive operative, affrontando le architetture di comunicazione, i nodi e le reti, i metodi di trasmissione, i ruoli del personale e le tendenze future. Inoltre, l'autore propone quadri di comunicazione e interoperabilità originali e innovativi, contribuendo a nuovi approcci a livello di sistema per comunicazioni militari sicure, resilienti e integrate nel contesto delle tecnologie digitali contemporanee. Scritto per un pubblico accademico e professionale, il libro presenta le comunicazioni militari come una capacità operativa decisiva, essenziale per un efficace comando e controllo e per il successo della missione.



Rexhep Mustafovski, MSc, è un ufficiale di segnale e ricercatore accademico nel campo delle comunicazioni militari. Ha conseguito la laurea presso l'Accademia militare "General Mihailo Apostolski" di Skopje e un master in Comunicazioni e tecnologie dell'informazione presso l'Università "Ss. Cirillo e Metodio" di Skopje.



Dottrina delle comunicazioni militari

Rexhep Mustafovski



Dottrina delle comunicazioni militari

Guida sistematica al comando, al controllo e alle comunicazioni nelle forze armate moderne

Rexhep Mustafovski

Rexhep Mustafovski

Dottrina delle comunicazioni militari

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

Rexhep Mustafovski

Dottrina delle comunicazioni militari

**Guida sistematica al comando, al controllo e alle
comunicazioni nelle forze armate moderne**

FOR AUTHOR USE ONLY

ScienzaScripts

Imprint

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

This book is a translation from the original published under ISBN 978-620-9-23709-6.

Publisher:

Scienza Scriptis

is a trademark of

Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group

120 High Road, East Finchley, London, N2 9ED, United Kingdom

Str. Armeneasca 28/1, office 1, Chisinau MD-2012, Republic of Moldova, Europe

Managing Directors: Ieva Konstantinova, Victoria Ursu
info@omniscryptum.com

Printed at: see last page

ISBN: 978-620-9-52731-9

Copyright © Rexhep Mustafovski

Copyright © 2026 Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group

FOR AUTHOR USE ONLY

Dottrina delle comunicazioni militari

*Guida sistematica al comando, al controllo e alle comunicazioni nelle forze
armate moderne*

FOR AUTHOR USE ONLY

Indice

Prefazione	3
Introduzione	5
Capitolo 1: Fondamenti delle comunicazioni militari.....	7
Capitolo 2: Comando, controllo e flusso di informazioni.....	24
Capitolo 3: Principi delle comunicazioni militari.....	40
Capitolo 4: Organizzazione dei sistemi di comunicazione militare	65
Capitolo 5: Pianificazione delle comunicazioni nelle operazioni militari ...	82
Capitolo 6: : Nodi, centri e reti di comunicazione	101
Capitolo 7: : Mezzi di comunicazione e metodi di trasmissione.....	118
Capitolo 8: Ruoli e responsabilità del personale.....	131
Capitolo 9: Simboli operativi e notazione delle comunicazioni	144
Capitolo 10: : Misure di sicurezza e protezione delle comunicazioni	154
Capitolo 11: : Continuità e resilienza delle comunicazioni.....	166
Capitolo 12: : Tendenze future nelle comunicazioni militari.....	179
Conclusione	199
Riferimenti.....	203

Prefazione

Sono **Rexhep Mustafovski, MSc**, e questo libro rappresenta la continuazione del mio impegno accademico, professionale e di ricerca nel campo dei moderni sistemi di comunicazione militare. Il mio lavoro si concentra sul ruolo delle comunicazioni come fattore critico per il comando e il controllo, con particolare attenzione alle architetture di comunicazione sicure, resilienti e interoperabili per applicazioni orientate alla difesa. La motivazione che mi ha spinto a scrivere questo libro deriva sia dalla mia ricerca accademica che dal mio coinvolgimento professionale nell'istruzione militare, dove l'importanza pratica di strutture di comunicazione disciplinate è costantemente evidente.

Lo scopo di questo libro è fornire un'analisi completa e strutturata delle comunicazioni militari come capacità operativa piuttosto che come funzione puramente tecnica. Nelle operazioni militari moderne, le comunicazioni sono inseparabili dall'autorità di comando, dal processo decisionale e dall'efficacia operativa. La capacità di scambiare informazioni in modo sicuro, affidabile e tempestivo influenza direttamente il coordinamento delle forze, l'esecuzione delle missioni e la protezione del personale e delle risorse. Questo libro intende presentare queste realtà attraverso un'analisi sistematica dei principi di comunicazione, delle strutture organizzative, dei processi di pianificazione, delle misure di sicurezza e delle tendenze emergenti.

Nel corso dei miei studi accademici e delle mie attività di ricerca, ho osservato un divario ricorrente tra le tecnologie di comunicazione in rapida evoluzione e la loro integrazione coerente nei quadri di comando militare. Mentre molte pubblicazioni trattano singole tecnologie o soluzioni tecniche isolate, sono pochi i lavori che presentano le comunicazioni militari come sistemi integrati plasmati dalla dottrina, dall'organizzazione, dalle procedure e dai fattori umani. Questo libro cerca di colmare tale divario offrendo una prospettiva olistica sulle comunicazioni militari, sottolineando il pensiero a livello di sistema e la rilevanza operativa.

L'importanza delle comunicazioni nel comando militare è un tema centrale di questo lavoro. Il comando e il controllo dipendono fondamentalmente dalla disponibilità e dall'integrità dei canali di comunicazione. Nelle operazioni contemporanee caratterizzate da dispersione, ritmo operativo elevato, cooperazione multinazionale e ambienti contesi, strutture di comunicazione disciplinate sono essenziali per mantenere l'unità di intenti. Questo libro evidenzia le comunicazioni come un fattore operativo decisivo che consente ai comandanti di comprendere la situazione, emanare direttive tempestive e coordinare le azioni su più domini e livelli di comando.

Il libro tratta i concetti fondamentali delle comunicazioni militari, i principi

dell'organizzazione dei sistemi, la pianificazione delle comunicazioni, i nodi e le reti, i metodi di trasmissione, i ruoli del personale, le misure di sicurezza e protezione, la continuità e la resilienza e le tendenze future. L'analisi è condotta a livello concettuale e architettonico, consentendo ai principi discussi di rimanere applicabili a diverse strutture di forza e implementazioni tecnologiche. Sebbene gli aspetti tecnici siano affrontati ove necessario, il libro non mira a fornire progetti specifici dei fornitori, procedure classificate o ingegneria dettagliata a livello di protocollo.

Questo approccio presenta alcune limitazioni intrinseche. Il libro non affronta dottrine specifiche di determinate nazioni o sistemi classificati, né tenta di trattare in modo approfondito tutte le tecnologie emergenti. Si concentra invece su principi e quadri di riferimento duraturi che supportano la comprensione e il processo decisionale informato. La natura in rapida evoluzione delle comunicazioni militari implica che le tecnologie specifiche continueranno a cambiare; tuttavia, le basi strutturali e concettuali presentate in questo lavoro sono destinate a rimanere rilevanti.

Il pubblico a cui è rivolto questo libro comprende studenti laureati e post-laureati in ingegneria delle comunicazioni, sicurezza informatica, studi sulla difesa e campi correlati, nonché ricercatori e professionisti militari coinvolti nella pianificazione delle comunicazioni, nello sviluppo di sistemi, nell'istruzione e nel comando operativo. Il libro è scritto per supportare sia lo studio accademico che l'applicazione professionale, offrendo profondità analitica pur mantenendo la rilevanza pratica.

Infine, questo libro riflette un percorso accademico e professionale in continua evoluzione. Si basa sulle mie precedenti ricerche e lavori pubblicati, contribuendo al contempo con prospettive originali e modelli concettuali sviluppati attraverso lo studio e la pratica continui. Le comunicazioni militari rimangono un campo dinamico e in evoluzione, plasmato dall'innovazione tecnologica e dall'esperienza operativa. Mi auguro che questo libro contribuisca a una comprensione più approfondita dei sistemi di comunicazione militare e incoraggi ulteriori ricerche, discussioni e innovazioni in questo settore critico.

Introduzione

Le comunicazioni militari sono sempre state un fattore fondamentale per il comando, il coordinamento e il controllo. Dalle prime forme di forze armate organizzate alle operazioni multidominio contemporanee, la capacità di trasmettere informazioni in modo accurato, sicuro e tempestivo ha plasmato lo svolgimento e l'esito delle attività militari. Nei moderni ambienti operativi, le comunicazioni non sono più una funzione tecnica di supporto, ma una capacità operativa decisiva che influenza direttamente l'efficacia, la resilienza e il successo.

La crescente complessità delle operazioni militari ha modificato radicalmente il ruolo delle comunicazioni. Le forze armate contemporanee operano nei domini terrestre, aereo, marittimo, cibernetico e spaziale, spesso simultaneamente e in coordinamento con partner multinazionali. Le forze sono geograficamente disperse, i ritmi operativi sono elevati e i cicli decisionali sono compressi. In queste condizioni, i sistemi di comunicazione devono supportare un flusso continuo di informazioni, una consapevolezza condivisa della situazione e un'azione coordinata a tutti i livelli di comando. Qualsiasi interruzione, ritardo o distorsione della comunicazione può avere conseguenze immediate e di vasta portata.

Questo libro affronta le comunicazioni militari come un sistema integrato composto da infrastrutture tecniche, strutture organizzative, disciplina procedurale e personale addestrato. Sottolinea che comunicazioni efficaci non possono essere ottenute solo attraverso la tecnologia. Richiedono invece una pianificazione coerente, un'esecuzione disciplinata e un continuo adattamento ai mutevoli contesti operativi. Esaminando le comunicazioni in modo olistico, il libro mira a fornire una comprensione completa di come i sistemi di comunicazione consentono il comando e il controllo e supportano le operazioni militari in tempo di pace, di crisi e di conflitto.

L'opera inizia stabilendo i concetti fondamentali delle comunicazioni militari e il loro ruolo nel comando e controllo. Esamina le comunicazioni come funzione di supporto al combattimento e ne sottolinea l'importanza in tutto lo spettro delle operazioni. Partendo da queste basi, il libro esplora il flusso di informazioni all'interno delle unità militari, i collegamenti di comunicazione verticali e orizzontali e i modi in cui le comunicazioni supportano il processo decisionale a diversi livelli di comando. Questi capitoli dimostrano come le strutture di comunicazione modellano la coerenza e l'efficacia operativa.

I capitoli successivi si concentrano sui principi alla base di comunicazioni militari efficaci, tra cui semplicità, flessibilità, economia delle risorse, universalità, affidabilità, continuità, capacità, qualità e sicurezza. Questi principi non sono esaminati come ideali astratti, ma come linee guida pratiche che informano la

progettazione, l'organizzazione e l'impiego dei sistemi. Viene quindi analizzata l'organizzazione dei sistemi di comunicazione militare, con attenzione all'architettura dei sistemi, ai componenti fissi e mobili, alle disposizioni centralizzate e decentralizzate e agli elementi di ridondanza e riserva.

Il libro affronta inoltre la pianificazione delle comunicazioni come attività operativa critica. Esamina i fattori che influenzano la pianificazione delle comunicazioni, tra cui il tempo, il terreno, il personale, le attrezzature, l'incertezza e la pressione operativa. Sottolineando la pianificazione come processo continuo e adattivo, il libro evidenzia l'importanza della preparazione e della lungimiranza nel mantenere comunicazioni efficaci in condizioni dinamiche.

Capitoli dedicati sono riservati ai nodi di comunicazione, ai centri, alle reti e ai metodi di trasmissione, fornendo informazioni sulle strutture fisiche e logiche che consentono il flusso di informazioni. I ruoli e le responsabilità del personale addetto alle comunicazioni e degli utenti del sistema sono esaminati per sottolineare la dimensione umana delle comunicazioni, mentre i simboli e la notazione operativa sono presentati come strumenti essenziali per la comprensione e il coordinamento condivisi.

La sicurezza, la continuità e la resilienza sono trattate come questioni centrali in tutto il libro. Le misure di sicurezza delle comunicazioni, la protezione contro le minacce elettroniche, la ridondanza, i sistemi di fallback e il funzionamento in ambienti degradati sono analizzati in dettaglio. Questi argomenti riflettono la realtà che le comunicazioni militari moderne devono funzionare in condizioni di minaccia e disturbo persistenti, richiedendo una progettazione robusta e procedure disciplinate.

Infine, il libro prende in considerazione le tendenze future nelle comunicazioni militari, tra cui la trasformazione digitale, i sistemi integrati di comunicazione e informazione, l'interoperabilità multinazionale e le sfide e opportunità emergenti. Affrontando sia la pratica attuale che gli sviluppi futuri, il libro cerca di colmare il divario tra teoria e applicazione, offrendo prospettive rilevanti sia per i professionisti che per gli studiosi.

Lo scopo di questo libro è fornire un'analisi strutturata, completa e basata sull'operatività delle comunicazioni militari. È destinato a professionisti militari, studenti, ricercatori e responsabili politici che cercano di comprendere come i sistemi di comunicazione supportano il comando e il controllo e influenzano i risultati operativi. Presentando le comunicazioni come un fattore operativo decisivo, il libro mira a contribuire allo sviluppo di capacità di comunicazione disciplinate, resilienti ed efficaci, adatte alle esigenze delle operazioni militari moderne e future.

Conclusion

Questo libro ha esaminato le comunicazioni militari come elemento fondamentale e decisivo delle operazioni militari moderne. Nei suoi capitoli, ha dimostrato che la comunicazione non è solo una funzione di supporto tecnico, ma una capacità operativa centrale che consente il comando, il coordinamento, il processo decisionale e l'impiego efficace delle forze. Dai concetti fondamentali alle tendenze future, l'analisi ha dimostrato che il successo o il fallimento delle operazioni militari è strettamente legato alla qualità, all'affidabilità e alla disciplina dei sistemi e delle pratiche di comunicazione.

A livello fondamentale, le comunicazioni militari forniscono i mezzi attraverso i quali viene trasmessa l'intenzione di comando, viene sviluppata la consapevolezza della situazione e viene realizzata un'azione coordinata. Senza comunicazioni efficaci, le strutture di comando e controllo non possono funzionare, i piani operativi non possono essere eseguiti in modo coerente e le forze sono ridotte a elementi isolati che agiscono senza sincronizzazione. Questo libro ha sottolineato che la comunicazione deve quindi essere intesa come una componente integrante del comando e controllo, integrata in ogni fase della pianificazione, dell'esecuzione e della valutazione.

Un principio chiave sottolineato in tutto il libro è la necessità di chiarezza e semplicità nelle comunicazioni militari. I sistemi e le procedure di comunicazione devono essere progettati per trasmettere informazioni essenziali in modo accurato e senza ambiguità, anche in condizioni di stress e sotto pressione. Sistemi eccessivamente complessi, flussi di informazioni eccessivi o procedure poco chiare aumentano il rischio di incomprensioni e ritardi. La semplicità, tuttavia, non implica rigidità. Architetture di comunicazione efficaci devono bilanciare chiarezza e flessibilità, consentendo l'adattamento alle mutevoli condizioni operative, pur preservando una struttura e una gerarchia chiare.

Un altro principio fondamentale è l'affidabilità e la continuità. Le comunicazioni militari devono funzionare in modo coerente in tempo di pace, di crisi e di conflitto e devono rimanere operative anche in ambienti degradati o contesi. Il libro ha dimostrato che questo requisito non può essere soddisfatto solo attraverso singoli sistemi o tecnologie. Richiede invece architetture a più livelli, ridondanza, elementi di comunicazione di riserva e soluzioni di fallback che garantiscano la continuità quando i sistemi primari falliscono o vengono interrotti. L'affidabilità non è solo un attributo tecnico, ma anche organizzativo e procedurale, che dipende dall'addestramento, dalla disciplina e dalla preparazione.

L'organizzazione dei sistemi di comunicazione militare è stata esaminata come un fattore critico che influenza l'efficacia operativa. Le strutture centralizzate offrono

controllo, standardizzazione e gestione efficiente, mentre le strutture decentralizzate forniscono flessibilità, resilienza e reattività ai livelli inferiori. Il libro ha dimostrato che le moderne operazioni militari richiedono un approccio equilibrato di tipo " ", che combina la supervisione centralizzata con l'esecuzione decentralizzata. Tali modelli organizzativi ibridi consentono ai comandanti di mantenere l'unità di intenti, consentendo al contempo alle unità subordinate di operare in modo efficace in ambienti dinamici e incerti.

La pianificazione della comunicazione è stata identificata come un'attività decisiva che determina il successo delle operazioni prima ancora che queste abbiano inizio. Una pianificazione efficace richiede una comprensione completa degli obiettivi della missione, del contesto operativo, del terreno, dei vincoli di tempo, delle capacità del personale e delle attrezzature disponibili. Deve tenere conto dell'incertezza, anticipare le interruzioni e integrare la sicurezza e la ridondanza fin dall'inizio. La pianificazione della comunicazione non è un'attività una tantum, ma un processo continuo che evolve insieme all'operazione, rispondendo ai cambiamenti dell'ambiente e alle azioni dell'avversario.

Il libro ha anche esplorato le componenti fisiche e logiche dei sistemi di comunicazione militare, tra cui stazioni, centri, nodi, hub e topologie di rete. Questi elementi formano l'infrastruttura attraverso la quale fluiscono le informazioni, collegando i decisori strategici con i quartier generali operativi e le unità tattiche. La scelta della topologia di rete, sia essa lineare, instradata o a maglia, ha dimostrato di influire in modo significativo sulla resilienza, la capacità e la reattività. La comprensione di queste strutture è essenziale per progettare sistemi di comunicazione che supportino sia l'efficienza che la sopravvivenza.

I ruoli e le responsabilità del personale sono stati sottolineati come una dimensione umana decisiva delle comunicazioni militari. Anche i sistemi più avanzati dipendono da operatori addestrati, utenti informati e una leadership di comando disciplinata. Una chiara definizione delle responsabilità ai diversi livelli di comando, unita a un addestramento rigoroso e alla prontezza operativa, garantisce che i sistemi di comunicazione siano utilizzati in modo efficace e sicuro. L'elemento umano rimane centrale, in particolare in situazioni in cui sono necessari giudizio, esperienza e adattabilità per superare i limiti tecnici o le interruzioni impreviste.

I simboli operativi, la notazione e le rappresentazioni standardizzate sono stati presentati come strumenti fondamentali per consentire la comprensione e il coordinamento condivisi. Simboli e diagrammi comuni consentono di comunicare in modo rapido e accurato informazioni operative complesse tra le unità e i livelli di comando. Il loro uso coerente supporta la pianificazione, l'esecuzione e la valutazione, in particolare in ambienti multinazionali o congiunti in cui le differenze linguistiche e dottrinali potrebbero altrimenti ostacolare la

comunicazione.

Le misure di sicurezza e protezione sono state affrontate come parte integrante dell'efficacia della comunicazione. La protezione fisica, le misure di sicurezza tecniche e le procedure organizzative costituiscono insieme un approccio globale alla sicurezza delle comunicazioni dell'. In un'era di guerra elettronica, minacce informatiche e operazioni di informazione, la protezione dei sistemi di comunicazione è essenziale non solo per salvaguardare le informazioni, ma anche per preservare la libertà di azione operativa. La sicurezza deve essere integrata nella progettazione dei sistemi, nella pianificazione e nella pratica quotidiana, piuttosto che essere considerata un aspetto secondario.

La continuità e la resilienza sono emerse come requisiti fondamentali per le comunicazioni militari moderne. Le operazioni si svolgono sempre più spesso in ambienti in cui le interruzioni sono previste piuttosto che eccezionali. La capacità di mantenere le comunicazioni in condizioni avverse dipende dalla ridondanza, dall'adattabilità e da procedure di ripiego disciplinate. I sistemi di comunicazione resilienti consentono alle forze armate di assorbire le interruzioni, ripristinare la funzionalità e continuare a operare in modo efficace nonostante la perdita o il degrado di singoli componenti.

Guardando al futuro, il libro ha evidenziato sia le sfide che le opportunità associate alle tecnologie emergenti e ai concetti operativi. La trasformazione digitale, l'integrazione dei sistemi e l'interoperabilità multinazionale offrono un potenziale significativo per migliorare l'efficacia delle comunicazioni. Allo stesso tempo, introducono nuove complessità e vulnerabilità che devono essere gestite con attenzione. I futuri sistemi di comunicazione militare devono essere progettati con adattabilità, interoperabilità e supervisione umana come principi fondamentali, garantendo che l'innovazione tecnologica serva alle esigenze operative piuttosto che guidarle acriticamente.

Un tema ricorrente in tutto questo lavoro è l'importanza di strutture di comunicazione disciplinate. La disciplina nelle comunicazioni comprende il rispetto delle procedure, il rispetto dei rapporti di comando, l'uso corretto dei sistemi e una formazione coerente. Una comunicazione disciplinata garantisce che le informazioni circolino in modo efficiente, sicuro e in conformità con le intenzioni del comando. Riduce la confusione, previene il sovraccarico e rafforza la fiducia all'interno e tra le unità. Senza tale disciplina, anche i sistemi ben progettati possono diventare fonti di attrito piuttosto che fattori di successo.

In definitiva, questo libro ha sostenuto che le comunicazioni costituiscono un fattore operativo decisivo nelle operazioni militari moderne. Esse determinano la capacità dei comandanti di comprendere la situazione, prendere decisioni

tempestive e dirigere le forze in modo efficace. Capacità di comunicazione superiori possono compensare svantaggi numerici o materiali, mentre comunicazioni inadeguate possono minare anche forze ben equipaggiate. In questo senso, le comunicazioni non sono solo di supporto, ma spesso decisive nel determinare i risultati operativi.

In conclusione, le comunicazioni militari devono essere affrontate come un sistema integrato di tecnologia, organizzazione, procedure e persone. La loro efficacia dipende da una progettazione coerente, da un'implementazione disciplinata e da un continuo adattamento alle realtà operative in evoluzione. Comprendendo e applicando i principi delineati in questo libro, i professionisti militari possono rafforzare le basi della comunicazione da cui dipendono in ultima analisi il successo del comando e controllo, il coordinamento e il compimento della missione.

FOR AUTHOR USE ONLY

Riferimenti

1. Bergen, John D., "Military Communications: A Test for Technology," Center of Military History, United States Army, Washington, DC, 1986, ISBN 0-16-001623-1.
2. Ryan, Michael J. e Frater, Michael R., "Tactical Communications for the Digitized Battlefield" (Comunicazioni tattiche per il campo di battaglia digitalizzato), Artech House Publishers, Boston, MA, 2002, ISBN 1-58053-323-X.
3. Sterling, Christopher H., "Comunicazioni militari: dall'antichità al XXI secolo", ABC-CLIO, Santa Barbara, CA, 2008, ISBN 978-1-85109-732-6.
4. Alberts, David S., Garstka, John J. e Stein, Frederick P., "Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority" (Guerra incentrata sulla rete: sviluppare e sfruttare la superiorità informativa), 2a edizione, CCRP Publication Series, Washington, DC, 2000, ISBN 1-893723-01-0.
5. Friedman, Norman, "Network-Centric Warfare: How Navies Learned to Fight Smarter through Three World Wars" (Guerra incentrata sulla rete: come le marine hanno imparato a combattere in modo più intelligente attraverso tre guerre mondiali), Naval Institute Press, Annapolis, MD, 2009, ISBN 978-1-59114-286-6.
6. Mitchell, Paul T., "Network Centric Warfare and Coalition Operations: The New Military Operating System" (Guerra network-centrica e operazioni di coalizione: il nuovo sistema operativo militare), Routledge, Londra, Regno Unito, 2009, ISBN 978-0-415-44645-7.
7. Hall, Brian N., "Comunicazioni e operazioni britanniche sul fronte occidentale, 1914-1918", Cambridge University Press, Cambridge, Regno Unito, 2017, ISBN 978-1-107-19530-8.
8. Schiller, Jochen H., "Mobile Communications" (Comunicazioni mobili), 2a edizione, Addison-Wesley, Londra, Regno Unito, 2003, ISBN 0-321-12381-6.
9. Rappaport, Theodore S., "Wireless Communications: Principles and Practice" (Comunicazioni wireless: principi e pratica), 2a edizione aggiornata, Cambridge University Press, Cambridge, Regno Unito, 2024, ISBN 978-1-009-48983-6.
10. Schwartz, Mischa, "Information Transmission, Modulation, and Noise: A Unified Approach to Communication Systems" (Trasmissione delle informazioni, modulazione e rumore: un approccio unificato ai sistemi di comunicazione), 4a edizione, McGraw-Hill, New York, NY, 1990, ISBN 0-07-055909-7.
11. Proakis, John G. e Salehi, Masoud, "Digital Communications," 5a edizione, McGrawHill Education, New York, NY, 2007, ISBN 978-0-07-295716-7.
12. Haykin, Simon e Moher, Michael, "Communication Systems" (Sistemi di

comunicazione), 5a edizione, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2009, ISBN 978-0-470-16982-1.

13. Goldsmith, Andrea, "Wireless Communications" (Comunicazioni wireless), Cambridge University Press, Cambridge, Regno Unito, 2005, ISBN 0-521-83716-2.

14. Sklar, Bernard, "Comunicazioni digitali: fondamenti e applicazioni", 2a edizione, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2001, ISBN 0-13-095007-6.

15. Leon-Garcia, Alberto e Widjaja, Indra, "Communication Networks: Fundamental Concepts and Key Architectures" (Reti di comunicazione: concetti fondamentali e architetture chiave), 2a edizione, McGraw-Hill, New York, NY, 2000, ISBN 0-072-42349-8.

16. Forouzan, Behrouz A., "Comunicazioni dati e reti", 4a edizione, McGrawHill, New York, NY, 2006, ISBN 0-07-322047-9.

17. Penttinen, Jyrki T. J. (a cura di), "The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems" (Manuale delle telecomunicazioni: linee guida ingegneristiche per sistemi fissi, mobili e satellitari), John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2015, ISBN 978-1-118-67891-6.

18. Biglieri, E., Calderbank, R., Constantinides, A., Goldsmith, A., Paulraj, A. e Shor, H. V. (a cura di), "MIMO Wireless Communications," Cambridge University Press, Cambridge, Regno Unito, 2007, ISBN 978-0-521-82953-8.

19. Clausewitz, Carl von (tradotto da Howard, Michael e Paret, Peter), "On War," Princeton University Press, Princeton, NJ, 1984, ISBN 0-691-05657-5.

20. Owens, William A., "The Emerging System of Systems" (Il sistema emergente dei sistemi), Istituto per gli studi sulla sicurezza nazionale, Washington, DC, 1996.

21. Libicki, Martin C., "Cyberdeterrence and Cyberwar" (Cyberdeterrenza e guerra cibernetica), RAND Corporation, Santa Monica, CA, 2009, ISBN 978-0-8330-4734-2.

22. Singer, P. W. e Friedman, Allan, "Cybersecurity and Cyberwar: What Everyone Needs to Know" (Cybersecurity e guerra cibernetica: ciò che tutti devono sapere), Oxford University Press, Oxford, Regno Unito, 2014, ISBN 978-0-19-991809-6.

23. Payne, Kenneth, "Strategia, evoluzione e guerra: dalle scimmie all'intelligenza artificiale", Georgetown University Press, Washington, DC, 2018, ISBN 978-1-62616-636-9.

24. Farwell, James P., "Persuasione e potere: l'arte della comunicazione

strategica", Georgetown University Press, Washington, DC, 2012, ISBN 978-1-58901-918-0.

25. Cornish, Paul, Lindley-French, Julian e Yorke, Claire, "Strategic Communications and National Strategy" (Comunicazioni strategiche e strategia nazionale), Chatham House Report, Londra, Regno Unito, 2011.

26. Paul, Christopher, "Strategic Communication: Origins, Concepts, and Current Debates" (Comunicazione strategica: origini, concetti e dibattiti attuali), Praeger Security International, Santa Barbara, CA, 2011, ISBN 978-0-313-38703-5.

27. Betz, David e Stevens, Tim, "Cyberspace and the State: Toward a Policy Architecture" (Il cyberspazio e lo Stato: verso un'architettura politica), Routledge, Londra, Regno Unito, 2011, ISBN 978-0-415-56841-8.

28. Baird, Peter e Eckert, Richard E., "Satellite Communications for Global Coverage and Mobility" (Comunicazioni satellitari per copertura globale e mobilità), Artech House, Boston, MA, 2006, ISBN 1-58053-965-2.

29. Elbert, Bruce R., "Introduction to Satellite Communication" (Introduzione alle comunicazioni satellitari), Artech House, Boston, MA, 2008, ISBN 978-1-59693-098-1.

30. Tse, David e Viswanath, Pramod, "Fundamentals of Wireless Communication" (Fondamenti di comunicazione wireless), Cambridge University Press, Cambridge, Regno Unito, 2005, ISBN 978-0-521-84674-4.

31. Berlekamp, Elwyn R., "Teoria della codifica algebrica", McGraw-Hill, New York, NY, 1968, ISBN 0-07-004489-6.

32. Forney, G. David Jr., "Concatenated Codes" (Codici concatenati), MIT Press, Cambridge, MA, 1966, ISBN 0262-56069-3.

33. Cover, Thomas M. e Thomas, Joy A., "Elements of Information Theory," 2a edizione, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2006, ISBN 978-0-471-24195-9.

34. Viterbi, Andrew J., "CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication," Addison- Wesley, Reading, MA, 1995, ISBN 0-201-63374-4.

35. Jain, Raj, "The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling" (L'arte dell'analisi delle prestazioni dei sistemi informatici: tecniche per la progettazione sperimentale, la misurazione, la simulazione e la modellizzazione), John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 1991, ISBN 0-471-50336-X.

36. Shannon, Claude E. e Weaver, Warren, "The Mathematical Theory of Communication" (La teoria matematica della comunicazione), University of

Illinois Press, Urbana, IL, 1949, ISBN 0-252-72548-4.

37. Molnar, Andrew K., "Operazioni psicologiche e guerra politica nella competizione strategica a lungo termine", RAND Corporation, Santa Monica, CA, 2016.
38. Marakas, George M., "Decision Support Systems in the 21st Century" (Sistemi di supporto decisionale nel XXI secolo), Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2007, ISBN 0-13-009240-3.
39. Murthy, C. S. R. e Gupta, B. S., "WDM Optical Networks: Concepts, Design, and Algorithms" (Reti ottiche WDM: concetti, progettazione e algoritmi), Prentice-Hall of India, Nuova Delhi, India, 2002, ISBN 81-203-2214-4.
40. Vaidya, Nitin H., "Wireless Networks: Lecture Notes," University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, 2004.
41. Cebrowski, Arthur K. e Garstka, John J., "Network-Centric Warfare: Its Origin and Future" (Guerra incentrata sulla rete: origini e futuro), US Naval Institute Proceedings, vol. 124, n. 1, 1998, pagg. 28-35.
42. Johnston, J. W., "Stato della ricerca e dello sviluppo delle comunicazioni satellitari militari", Atti dell'IEEE, vol. 95, n. 10, 2007, pagg. 1952-1970, DOI 10.1109/JPROC.2007.905048.
43. Polyzou, J., "Data Transmission for Military Communication: Parameters and Performance," IEEE Communications Magazine, Vol. 41, No. 5, 2003, pp. 88-95.
44. Mannel, W., "Future Communications Concepts in Support of U.S. Army Tactical Field Forces," IEEE Military Communications Conference (MILCOM), 1980, pp. 245-251.
45. Coviello, G., "Comunicazioni militari - Una panoramica del numero speciale", IEEE Communications Magazine, vol. 18, n. 6, 1980, pagg. 3-5.
46. Monzon Baeza, V. et al., "AI-Driven Tactical Communications and Networking for Defense Systems: A Comprehensive Survey," International Journal of Engineering Science Invention, Vol. 13, No. 12, 2024, pp. 79-87, DOI 10.35629/6734-13127987.
47. Dekker, A. H., "Network Topology and Military Performance," Atti del MODSIM 2005, Melbourne, Australia, 2005, pp. 1234-1240.
48. Parkinson, Simon et al., "Evolution of Military Information Management: The Enterprise Architecture Approach," Security and Defence Quarterly, Vol. 38, No. 2, 2022, pp. 112128.

49. Shu, Zhen et al., "Military Information System Architecture Design Method and Application," Science Foundation in China, Vol. 26, No. 20, 2018, DOI 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.20.008.
50. Randall, T. S., "Una rivalutazione della comunicazione tecnica tattica", Journal of Technical Writing and Communication, vol. 52, n. 3, 2022, pagg. 289-310, DOI 10.1177/00472816211006341.
51. Waterman, R. D., "Command, Control and Communications Capabilities for Space Operations" (Capacità di comando, controllo e comunicazione per le operazioni spaziali), NASA Technical Reports Server, documento 20110005484, 2010.
52. Zhang, Y. et al., "Simulazione e analisi della tecnologia di rete mobile ad hoc nel battaglione di fanteria del Corpo dei Marines degli Stati Uniti", Ricerca sulle operazioni militari, vol. 18, n. 4, 2013, pagg. 19-32.
53. Retherford, D., "Comunicazioni e operazioni britanniche sul fronte occidentale, 1914-1918 (recensione del libro)", Journal of Military and Strategic Studies, vol. 20, n. 2, 2021, pagg. 186-190.
54. Lamy-Bergot, C. et al., "Improved Error Correction for STANAG 4539 Appendix H," Atti della Conferenza IEEE sulle comunicazioni militari (MILCOM), 2015, pp. 1-7.
55. Dombrowski, P. e Gholz, E., "Network-Centric Warfare: How Navies Learned to Fight Smarter (Recensione del libro)", Naval War College Review, vol. 63, n. 3, 2010, pagg. 145-148.
56. Goldsmith, A., Jafar, S. A., Jindal, N. e Vishwanath, S., "Capacity Limits of MIMO Channels," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 21, No. 5, 2003, pp. 684-702, DOI 10.1109/JSAC.2003.810294.
57. Goldsmith, A. J. e Varaiya, P. P., "Capacity of Fading Channels with Channel Side Information" (Capacità dei canali con dissolvenza con informazioni laterali sul canale), IEEE Transactions on Information Theory, vol. 43, n. 6, 1997, pagg. 1986-1992, DOI 10.1109/18.625167.
58. Cui, S., Goldsmith, A. J. e Bahai, A., "Energy-Efficiency of MIMO and Cooperative MIMO Techniques in Sensor Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 22, No. 6, 2004, pp. 1089-1098, DOI 10.1109/JSAC.2004.830895.
59. Chung, S. T. e Goldsmith, A. J., "Gradi di libertà nella modulazione adattiva: una visione unificata", IEEE Transactions on Communications, vol. 49, n. 9, 2001, pagg. 1561-1571, DOI 10.1109/26.667076.

60. Goldsmith, A. J. e Wicker, S. B., "Sfide progettuali per reti wireless ad hoc con vincoli energetici", IEEE Wireless Communications, vol. 9, n. 4, 2002, pagg. 8-27, DOI 10.1109/MWC.2002.1028874.
61. Hadani, R., Rakib, S., Tsatsanis, M., Monk, A., Goldsmith, A. J., Molisch, A. F., et al., "Modulazione ortogonale spazio-tempo-frequenza", IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2017, pagg. 1-6.
62. Yoo, T. e Goldsmith, A., "On the Optimality of Multiantenna Broadcast Scheduling Using Zero-Forcing Beamforming," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 24, No. 3, 2006, pp. 528-541, DOI 10.1109/JSAC.2005.862402.
63. Vishwanath, S., Jindal, N. e Goldsmith, A., "Dualità, velocità raggiungibili e capacità di velocità somma dei canali di trasmissione MIMO gaussiani", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 49, n. 10, 2003, pagg. 2658-2668, DOI 10.1109/TIT.2003.817422.
64. Alouini, M. S. e Goldsmith, A. J., "Capacità dei canali con fading di Rayleigh con diverse tecniche di trasmissione adattiva e combinazione di diversità", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 48, n. 4, 1999, pagg. 1165-1181, DOI 10.1109/25.775371.
65. Goldsmith, A. J. e Chua, S. G., "Modulazione codificata adattiva per canali con fading", IEEE Transactions on Communications, vol. 46, n. 5, 1998, pagg. 595-602, DOI 10.1109/26.668783.
66. Toumpis, S. e Goldsmith, A. J., "Capacity Regions for Wireless Ad Hoc Networks" (Aree di capacità per reti wireless ad hoc), IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 2, n. 4, 2003, pagg. 736-748, DOI 10.1109/TWC.2003.814353.
67. Jindal, N., Rhee, W., Vishwanath, S., Jafar, S. A. e Goldsmith, A., "Riempimento iterativo della potenza totale per canali di trasmissione gaussiani multi-antenna", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 51, n. 4, 2005, pagg. 1570-1580, DOI 10.1109/TIT.2005.844062.
68. Yoo, T., Jindal, N. e Goldsmith, A., "Canali downlink multi-antenna con feedback limitato e selezione utente", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 25, n. 7, 2007, pagg. 1478-1491, DOI 10.1109/JSAC.2007.070913.
69. Yoo, T. e Goldsmith, A., "Capacity and Power Allocation for Fading MIMO Channels with Channel Estimation Error" (Allocazione di capacità e potenza per canali MIMO con fading e errore di stima del canale), IEEE Transactions on Information Theory, vol. 52, n. 5, 2006, pagg. 2203-2214, DOI

10.1109/TIT.2006.873446.

70. Biglieri, E., Caire, G. e Taricco, G., "Limiting Performance of Block-Fading Channels with Multiple Antennas" (Limitazione delle prestazioni dei canali con fading a blocchi con antenne multiple), IEEE Transactions on Information Theory, vol. 47, n. 4, 2001, pagg. 1273-1289, DOI 10.1109/18.923677.

71. Viterbi, A. J., "Limiti di errore per codici convoluzionali e un algoritmo di decodifica asintoticamente ottimale", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 13, n. 2, 1967, pagg. 260-269, DOI 10.1109/TIT.1967.1054010.

72. Gallager, R. G., "Codici di controllo di parità a bassa densità", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 8, n. 1, 1962, pagg. 21-28, DOI 10.1109/TIT.1962.1057683.

73. Hagenauer, J., Offer, E. e Papke, L., "Iterative Decoding of Binary Block and Convolutional Codes" (Decodifica iterativa di codici a blocchi binari e convoluzionali), IEEE Transactions on Information Theory, vol. 42, n. 2, 1996, pagg. 429-445, DOI 10.1109/18.490542.

74. Telatar, E., "Capacity of Multi-Antenna Gaussian Channels," European Transactions on Telecommunications, Vol. 10, No. 6, 1999, pp. 585-595.

75. Raleigh, G. G. e Cioffi, J. M., "Codifica spazio-temporale per le comunicazioni wireless", IEEE Transactions on Communications, vol. 46, n. 3, 1998, pagg. 357-366, DOI 10.1109/26.667076.

76. Abramson, N., "The ALOHA System: Another Alternative for Computer Communications," Atti della 1970 Fall Joint Computer Conference, AFIPS Press, 1970, pp. 281-285.

77. Bahl, L. R., Cocke, J., Jelinek, F. e Raviv, J., "Decodifica ottimale dei codici lineari per ridurre al minimo il tasso di errore dei simboli", IEEE Transactions on Information Theory, vol. 20, n. 2, 1974, pagg. 284-287, DOI 10.1109/TIT.1974.1055186.

78. McEliece, R. J., "The Theory of Information and Coding: Student Edition" (La teoria dell'informazione e della codifica: edizione per studenti), Cambridge University Press, Cambridge, Regno Unito, 2002, ISBN 978-0-521-00095-2.

79. Costello, D. J. Jr., "A Survey of Coding Theory, with Applications to Information Theory," Atti del Simposio internazionale sulla teoria dell'informazione, 1973, pp. 23-28.

80. R. Mustafovski, A. Petrovski e M. Radovanovic, "Integrating quantum technologies into mobile military systems and TOC frameworks" (Integrazione delle tecnologie quantistiche nei sistemi militari mobili e nei framework TOC),

Land Forces Academy Review, vol. XXX, n. 3(119), 2025.

81. R. Mustafovski, "Formula-based architectural framework of the SecuDroneComm platform for unmanned aerial vehicle communications" (Struttura architettonica basata su formule della piattaforma SecuDroneComm per le comunicazioni dei veicoli aerei senza pilota), Management Science Advances, vol. 2, n. 1, pp. 288-303, Scientific Oasis, Skopje, Repubblica di Macedonia del Nord, 2025.

82. R. Mustafovski, "Valutazione dell'impatto operativo di SecuDroneComm: valutazione basata su simulazione delle comunicazioni sicure degli UAV in ambienti militari", Scientific Technical Review, vol. 75, n. 1, pagg. 11-18, 2025, doi: 10.5937/str2500002M.

83. NATO, "Pubblicazione congiunta alleata AJP-10: Dottrina congiunta alleata per le comunicazioni strategiche", Edizione A Versione 1, Ufficio di standardizzazione della NATO, Bruxelles, Belgio, 2023.

84. NATO, "Pubblicazione congiunta alleata AJP-6: Dottrina congiunta alleata per i sistemi di comunicazione e informazione", Edizione D Versione 1, Ufficio di standardizzazione della NATO, Bruxelles, Belgio, 2017.

85. Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti, "Pubblicazione congiunta JP 6-0: Sistema di comunicazione congiunto", Stato Maggiore Congiunto, Washington, DC, 2015.

86. Esercito degli Stati Uniti, "Manuale da campo FM 6-02: Supporto delle comunicazioni alle operazioni", Dipartimento dell'Esercito, Washington, DC, 2019.

87. Esercito degli Stati Uniti, "Manuale da campo FM 24-18: Tecniche tattiche di comunicazione radio a canale singolo", Dipartimento dell'Esercito, Washington, DC, 1987.

88. Ministero della Difesa del Regno Unito, "Joint Doctrine Publication JDP 0-01: UK Defence Doctrine" (Pubblicazione congiunta sulla dottrina JDP 0-01: Dottrina della difesa del Regno Unito), 6a edizione, Development, Concepts and Doctrine Centre, Shrivenham, Regno Unito, , 2022.

89. NATO, "STANAG 4586: Interfacce standard del sistema di controllo UAV (UCS) per l'interoperabilità UAV NATO", Edizione 3, Ufficio di standardizzazione NATO, Bruxelles, Belgio, 2012.

90. NATO, "STANAG 4539: Standard tecnici per forme d'onda di comunicazione HF non saltanti", Edizione 1, Ufficio di standardizzazione della NATO, Bruxelles, Belgio, 2005.

91. NATO, "STANAG 5066: Profilo per la comunicazione dati radio ad alta

- frequenza (HF)", Edizione 1, Ufficio di standardizzazione della NATO, Bruxelles, Belgio, 2010.
92. Aeronautica Militare degli Stati Uniti, "Pubblicazione della Dottrina dell'Aeronautica Militare AFDP 3-85: Operazioni nello spettro elettromagnetico", Dipartimento dell'Aeronautica Militare, Washington, DC, 2023.
93. Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti, "CJCSM 3320.01D: Operazioni congiunte di gestione dello spettro elettromagnetico", Stato Maggiore Congiunto, Washington, DC, 2022.
94. NATO, "Pubblicazione congiunta alleata AJP-10.3: Dottrina congiunta alleata per gli affari pubblici militari", Edizione A Versione 1, Ufficio di standardizzazione della NATO, Bruxelles, Belgio, 2024.
95. Centro di eccellenza per le comunicazioni strategiche della NATO, "Rivista sulle comunicazioni strategiche della difesa", volumi 1-12, Riga, Lettonia, 2016-2023.
96. Esercito degli Stati Uniti, "Field Manual FM 3-0: Operations" (Manuale da campo FM 3-0: Operazioni), Dipartimento dell'Esercito, Washington, DC, 2017.
97. Esercito degli Stati Uniti, "Pubblicazione sulla dottrina dell'esercito ADP 6-0: Comando di missione", Dipartimento dell'esercito, Washington, DC, 2019.
98. Esercito degli Stati Uniti, "Pubblicazione sulle tecniche dell'esercito ATP 6-02.40: Tecniche per le operazioni di informazione visiva", Dipartimento dell'Esercito, Washington, DC, 2019.
99. NATO, "ATP 6-02.10 (NATO): Comunicazione nelle operazioni", Ufficio di standardizzazione della NATO, Bruxelles, Belgio, 2008.
100. Esercito degli Stati Uniti, "Manuale da campo FM 11-22: Operazioni di segnalazione nel Corpo e nell'Esercito", Dipartimento dell'Esercito, Washington, DC, 1945.
101. NATO, "Politica di comunicazione strategica della NATO PO(2009)0141", Consiglio Nord Atlantico, Bruxelles, Belgio, 2009.
102. Stato maggiore congiunto degli Stati Uniti, "Pubblicazione congiunta JP 3-13: Operazioni di informazione", Dipartimento della Difesa, Washington, DC, 2023.

Biografia di Rexhep Mustafovski, MSc



Rexhep Mustafovski, MSc, è un ufficiale del Ministero della Difesa della Repubblica di Macedonia del Nord e assistente didattico e di ricerca presso l'Accademia Militare "Generale Mihailo Apostolski" di Skopje, dove presta servizio presso il Dipartimento per la sicurezza informatica e la digital forensics. È specialista in sistemi di comunicazione sicuri, sicurezza informatica e integrazione delle tecnologie di difesa, con esperienza accademica e professionale che spazia dalle comunicazioni tattiche sicure alla sicurezza delle reti e ai sistemi informativi emergenti.

Ha completato la sua formazione universitaria presso l'Accademia Militare "Generale Mihailo Apostolski" di Skopje, dove si è laureato come ufficiale delle comunicazioni. Durante i suoi studi, ha dimostrato eccezionali risultati accademici e disciplina professionale, raggiungendo il massimo successo formativo della sua generazione. In riconoscimento di questo risultato, è stato ufficialmente premiato come miglior ufficiale della sua generazione, un onore conferitogli dal Presidente del Paese. Questo riconoscimento riflette sia la sua eccellenza accademica che il suo impegno nella professionalità militare.

Dopo la nomina, ha continuato il suo percorso accademico proseguendo gli studi universitari presso la Facoltà di Ingegneria Elettrica e Tecnologie dell'Informazione dell'Università "Ss. Cirillo e Metodio" di Skopje. Ha conseguito il Master of Science in Tecnologie della Comunicazione e dell'Informazione, specializzandosi in sistemi di comunicazione moderni, sicurezza delle informazioni e concetti avanzati di networking. I suoi studi di master hanno ulteriormente rafforzato le sue capacità analitiche e di ricerca, in particolare nei settori delle comunicazioni sicure e dei sistemi di difesa basati sulla tecnologia.

Il suo percorso accademico e professionale combina una formazione militare formale con studi avanzati di ingegneria, fornendo una solida base per la ricerca e il lavoro pratico nel campo delle comunicazioni militari sicure. Questo background influenza il suo approccio alla progettazione di sistemi di comunicazione, ponendo l'accento su affidabilità, sicurezza, interoperabilità e rilevanza operativa. Le

conoscenze e l'esperienza acquisite sia attraverso l'addestramento militare che la formazione ingegneristica sono alla base delle prospettive presentate d e in questo libro.

FOR AUTHOR USE ONLY