

Oliviero Casale, Paola Rinaldi,
Rosario Lanzafame, Antonio Zampino

SPAZIO, CYBERSPAZIO E INFRASTRUTTURE CRITICHE

Sfide geopolitiche nel Paradigma 5.0



FrancoAngeli

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati
possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page
al servizio “Informatemi” per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Oliviero Casale, Paola Rinaldi,
Rosario Lanzafame, Antonio Zampino

SPAZIO, CYBERSPAZIO E INFRASTRUTTURE CRITICHE

Sfide geopolitiche nel Paradigma 5.0

FrancoAngeli

Il volume è stato pubblicato con il contributo di



Isbn e-book: 9788835188575

Copyright © 2026 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della
licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it*

INDICE

Nota alla pubblicazione, di <i>Oliviero Casale, Rosario Lanza-fame, Paola Rinaldi e Antonio Zampino</i>	pag.	9
Prefazioni, di <i>Pietro Maria Putti, Paolo Aicardi e Michele Gallo</i>	»	11
Introduzione	»	19
Abbreviazioni maggiormente utilizzate	»	21
Il Paradigma 5.0 come cornice per l'analisi dei sistemi complessi	»	27
Infrastrutture critiche	»	30
Vulnerabilità sistemiche e nuove minacce per le infrastrutture critiche	»	32
Il quadro normativo europeo per la protezione delle infrastrutture critiche	»	39
Dalla frammentazione concettuale alla visione sistematica delle infrastrutture critiche	»	43
Sistemi spaziali: la gestione dei requisiti come leva per la sicurezza integrata	»	46
Lo spazio come infrastruttura critica globale: il contributo del progetto SPACE-Gov	»	49

Modelli e Sistemi di riferimento per gestire la resilienza nelle infrastrutture critiche	pag.	52
Resilienza organizzativa e operativa: una possibile integrazione tra ISO 22316 e linee guida cross-settoriali per il settore bancario e finanziario	»	59
Governance multilivello per la resilienza infrastrutturale: tra quadro europeo e sperimentazioni territoriali	»	62
Incremento della Resilienza nelle Infrastrutture Critiche secondo il modello MSB	»	66
La cybersicurezza delle infrastrutture critiche nell'era della connettività spaziale	»	79
Standard internazionali per la cybersicurezza dello spazio: focus sulla ISO/TS 20517	»	83
Antifragilità e infrastrutture critiche evolutive	»	84
Dalla resilienza all'antifragilità: una metamorfosi sistemica necessaria	»	85
Energia e antifragilità: la defossilizzazione come trasformazione strutturale delle infrastrutture critiche	»	95
Gli ecosistemi dell'innovazione come infrastrutture critiche abilitanti: una prospettiva sistemica e orbitale	»	101
Beni comuni	»	108
Infrastrutture critiche come beni comuni: una chiave evolutiva	»	114
Lo spazio come infrastruttura critica globale e bene comune adattivo	»	117
Ecologia del dominio spaziale: interdipendenze, istituzioni e potere trasformativo	»	122
Antifragilità sistemica: un nuovo paradigma per infrastrutture critiche adattive	»	124
Gemelli digitali e simulazione predittiva: infrastrutture intelligenti e reattive	»	126
Sovranità digitale e tensioni geopolitiche: la dimensione strategica delle infrastrutture critiche	»	130

Infrastrutture 2040. Terra, reti e orbita – mappa di investimenti e interdipendenze	pag. 133
Verso una nuova definizione di Infrastrutture Critiche Antifragili	» 137
Governance cognitiva e capitale evolutivo nei sistemi complessi interconnessi	» 140
Profili professionali per la gestione adattiva e trasformativa delle infrastrutture critiche	» 142
Nuove competenze per la gestione dei beni comuni critici nel Paradigma 5.0	» 153
Conclusioni: infrastrutture critiche, governance e antifragilità in una geopolitica complessa	» 157
Postfazioni, di <i>Antonio Colavecchio e Stefano De Falco</i>	» 159
Bibliografia	» 163
Autori	» 175

NOTA ALLA PUBBLICAZIONE

Questo lavoro propone una rilettura prospettica del concetto di infrastruttura critica in un’epoca segnata da instabilità sistemica, trasformazione digitale e riconfigurazione geopolitica. Superando la tradizionale distinzione tra resilienza e vulnerabilità, si assume l’antifragilità non come semplice capacità reattiva, ma come principio identitario e generativo. Non è più solo la risposta agli shock, ma la condizione strutturale di sistemi capaci di apprendere, trasformarsi e coevolvere con l’ambiente.

Nel quadro del Paradigma 5.0 delineato da Casale e Rinaldi, le infrastrutture critiche si configurano come dispositivi evolutivi al servizio del bene comune. In questa visione, i beni comuni diventano piattaforme strategiche di rigenerazione e coesione, capaci di creare valore attraverso l’instabilità. Non sono più semplici risorse da proteggere, ma elementi vitali di un ecosistema in trasformazione.

Lo spazio e il ciberspazio, in questo ambito, letti attraverso la lente della geopolitica, si affermano come nuovi ambiti di interdipendenza e di responsabilità condivisa, da presidiare e governare con sguardo sistemico.

Il lavoro nasce non solo dalla visione e dall’esperienza diretta degli autori in ambito istituzionale, tecnico e accademico, ma anche dallo studio e dall’approfondimento dei principali riferimenti teorici, normativi e strategici emersi nel contesto europeo e internazionale negli ultimi anni. Documenti chiave della Commissione Europea, linee guida ISO, contributi dell’OCSE e policy paper di centri di ricerca come CEPS e ESIR hanno costituito un orizzonte di confronto fondamentale per delineare questa proposta.

Per garantire la piena leggibilità dei singoli capitoli, si è scelto di confrontarsi direttamente con i documenti di riferimento richiamandoli per la

funzione che svolgono nel testo. Alla prima occorrenza nel capitolo si fornisce il riferimento completo e cosa trattano; nelle occorrenze successive si riporta in breve il loro riferimento nell’ambito che si sta affrontando, così da evitare rinvii incrociati e consentire al lettore di comprendere i contenuti dei documenti citati senza dover consultare altri capitoli.

Con questo libro si intende offrire un contributo teorico e operativo alla costruzione di un lessico trasformativo, utile per pensare e guidare la complessità, con categorie che uniscono tecnologia e umanità, strategia e cura, capacità di agire e responsabilità.

26 ottobre 2025

*Oliviero Casale, Rosario Lanzafame,
Paola Rinaldi e Antonio Zampino*

PREFAZIONI

Prof. Avv. Pietro Maria Putti

Amministratore Delegato del Gestore dei Mercati Energetici S.p.A.

Le infrastrutture critiche costituiscono oggi il nervo sensibile del nostro tempo. In un contesto caratterizzato da profonde mutazioni di molteplice natura – rivoluzione energetica, transizione digitale, catastrofi ambientali e sconvolgimenti degli equilibri geopolitici – esse assumono un ruolo sempre più centrale non solo nella tenuta dei sistemi, ma nella capacità collettiva di evolvere, adattarsi e generare futuro. Questo quaderno rappresenta un contributo prezioso e rigoroso a tale riflessione, poiché ha la capacità di affrontare il tema attraverso un approccio sistematico, innovativo e profondamente ancorato alla realtà.

Il testo parte dalla necessità di superare la tradizionale concezione della resilienza come semplice capacità di resistere ad un impatto dinamico, proponendo invece una visione antifragile delle infrastrutture, fondata sull'apprendimento continuo, l'adattabilità e la generatività. Infrastrutture non più passive rispetto agli shock, ma capaci di trarre forza dall'instabilità, di rigenerarsi attraverso il cambiamento, di alimentare nuovi equilibri sostenibili.

Ampio spazio è dedicato alle infrastrutture energetiche, che seppur diventate sempre più complesse sono analizzate non solo nei loro aspetti tecnici ma vieppiù come architravi di un nuovo metabolismo territoriale, sociale e produttivo. La proposta di distinguere tra i due concetti fondanti di “decarbonizzazione” e “defossilizzazione” si rivela centrale per comprendere le implicazioni strutturali della transizione in corso e per orientarvi politiche pubbliche, investimenti e percorsi di innovazione compatibili con i limiti ambientali e le disuguaglianze sociali.

Particolarmente interessante è la declinazione del cosiddetto “Paradigma 5.0”, che amplia l'orizzonte strategico includendo lo spazio e il ciberspazio come nuove potenti dimensioni infrastrutturali. Non si tratta di un esercizio teorico, ma di un'analisi lucida dei nuovi vincoli e delle nuove opportunità sistemiche in cui si collocano le infrastrutture materiali e immateriali del XXI secolo.

Un ulteriore valore aggiunto di questo lavoro risiede nel confronto diretto con il mondo della normazione. Le norme tecniche, troppo spesso considerate un ambito separato dal pensiero strategico, vengono qui lette come strumenti dinamici, capaci di abilitare l'innovazione organizzativa e orientare le trasformazioni verso finalità condivise, come l'antifragilità, il bene comune e la sostenibilità intergenerazionale.

Il lavoro di Casale, Lanzafame, Rinaldi e Zampino è anche arricchito da riferimenti concreti allo sviluppo di pratiche territoriali, casi studio e percorsi di ricerca che dimostrano come sia possibile coniugare in un universo globale visione sistematica, radicamento locale e capacità di costruzione istituzionale. È proprio in questo avvitamento sinergico tra pensiero e azione che risiede la sua grande forza.

Paolo Aicardi

Project Contract, Risk and Claim Management

Ansaldi Energia S.p.A.

Il libro, intitolato “Spazio, Cyberspazio e Infrastrutture Critiche – Nuove Sfide nel Paradigma 5.0”, curato da Oliviero Casale, Rosario Lanzafame, Paola Rinaldi e Antonio Zampino, offre una riflessione profonda, innovativa e multidisciplinare sulla trasformazione delle infrastrutture critiche in un contesto globale, segnato da crescente instabilità geopolitica, transizione digitale e nuovi rischi sistemici.

In questa prospettiva, le infrastrutture critiche, come la power generation ora al centro della transizione energetica e della decarbonizzazione, diventano beni comuni strategici e non solo asset da proteggere, capaci di adattarsi e rigenerarsi attraverso la complessità e l’instabilità.

Il focus dell’analisi è il Paradigma 5.0, una cornice teorica e operativa, che si articola in cinque dimensioni fondamentali, superando le logiche settoriali tradizionali di resilienza, e introducendo il concetto di antifragilità come principio generativo.

Ho trovato particolarmente interessante il percorso delineato verso infrastrutture critiche che non solo resistano alle tensioni e alle complessità attuali, ma che sappiano fare proprie le capacità di antifragilità, trasformando le crisi in opportunità di evoluzione e rafforzamento. Questo approccio rappresenta un cambio di paradigma significativo, che invita a ripensare la progettazione e la gestione delle infrastrutture in chiave proattiva e sistemica.

L’elaborato si addentra anche nel mondo dello spazio e del ciberspazio, considerandoli come nuovi terreni di conflitto geopolitici dove si giocano partite fondamentali per la sovranità digitale, la sicurezza delle infrastrutture e la legittimità democratica. Questi ambiti, un tempo riservati alla ricerca e alla difesa, sono ora parte integrante della nostra vita quotidiana. In questo scenario, l’antifragilità emerge come una qualità cruciale per affrontare vulnerabilità complesse, interconnessioni digitali e pressioni ambientali, assicurando continuità, innovazione e sicurezza.

Il libro si distingue per la sua abilità di unire la teoria dei sistemi complessi, le politiche pubbliche, le normative tecniche (ISO, UNI/PdR), i documenti europei sull’Industria 5.0 e la riflessione geopolitica, citando numerosi esperti. Ne risulta una proposta robusta e ben articolata, che fornisce una base concettuale e operativa per guidare la progettazione, la gestione e l’evoluzione delle infrastrutture critiche in un’ottica sistematica, etica e orientata al bene comune.

Un punto che ritengo fondamentale è l'importanza attribuita alle figure professionali capaci di trasferire i concetti affrontati nel libro, grazie a conoscenze e competenze multidisciplinari basate sulla normazione tecnica. Questo aspetto sottolinea il ruolo chiave della formazione e della professionalizzazione nel garantire l'efficacia e la sostenibilità delle infrastrutture critiche nel lungo periodo.

Chi avrà l'opportunità di leggerlo potrà comprendere e affrontare le sfide attuali grazie a strumenti concettuali e operativi innovativi, utili per interpretare e agire nei contesti complessi e in continua evoluzione.

Michele Gallo

Head of Data Center Operations – Edge Infrastructure – RaiWay

In un'epoca in cui la digitalizzazione pervade ogni aspetto della nostra esistenza, l'intelligenza artificiale viene inserita in ogni processo di modernizzazione e le infrastrutture tecnologiche si configurano come il tessuto connettivo della società contemporanea, la riflessione proposta in questo libro assume una rilevanza strategica di primo piano. Come responsabile con una lunga esperienza nella progettazione e gestione di infrastrutture ad alta affidabilità e datacenter critici, ho assistito in prima persona alla trasformazione radicale che ha investito il nostro settore nell'ultimo decennio.

L'evoluzione delle infrastrutture digitali da semplici "utilities" a ecosistemi complessi e interdipendenti ha reso obsoleti molti dei paradigmi tradizionali con cui abbiamo storicamente approcciato la progettazione, la resilienza e la governance di questi sistemi. Il lavoro di Casale, Lanzafame, Rinaldi e Zampino si inserisce proprio in questa lacuna, offrendo una visione innovativa che va oltre i concetti consolidati di robustezza e resilienza per abbracciare quello più avanzato di antifragilità.

La mia esperienza operativa nel campo delle infrastrutture critiche per il sistema paese mi ha insegnato che la vera sfida non risiede semplicemente nel costruire sistemi che resistano agli shock, ma nel progettare architetture capaci di apprendere, adattarsi e migliorare attraverso le perturbazioni. È precisamente questo il cuore del Paradigma 5.0 delineato dagli autori: un approccio sistematico che integra la dimensione tecnologica con quella territoriale, sociale e valoriale.

Particolarmente illuminante risulta la proposta di ridefinire le infrastrutture critiche non più come entità statiche e settoriali, ma come sistemi dinamici e relazionali. Questa visione rispecchia perfettamente l'evoluzione che ho osservato nelle moderne architetture distribuite, dove l'edge computing e le tecnologie emergenti stanno dissolvendo i confini tradizionali tra centro e periferia, tra fisico e digitale, tra locale e globale.

Citare nel testo il concetto di IROM – Infrastrutture Rilevanti per Obiettivo di Missione – rappresenta un contributo metodologico di particolare valore pratico. Nella mia esperienza di gestione di infrastrutture critiche, ho potuto constatare quanto sia fondamentale superare approcci frammentari per adottare una governance integrata, orientata agli obiettivi strategici e capace di coordinare attori e tecnologie diverse in un ecosistema coerente.

L'attenzione rivolta dagli autori ai framework normativi internazionali, dalle direttive europee agli standard ISO, riflette una consapevolezza matura dell'importanza della standardizzazione nel costruire interoperabilità e fiducia. Tuttavia, il valore aggiunto di questo lavoro risiede nel non limitarsi a una mera rassegna normativa, ma nel proporre un'interpretazione dinamica ed evolutiva di questi strumenti, coerente con le esigenze di flessibilità e innovazione richieste dal paradigma 5.0.

Dal punto di vista del professionista che quotidianamente si confronta con le sfide operative della gestione infrastrutturale, apprezzo particolarmente l'equilibrio raggiunto tra rigore tecnico e apertura interdisciplinare. Il testo non cade nella tentazione del tecnicismo fine a sé stesso, ma costruisce ponti tra competenze diverse, riconoscendo che la complessità delle moderne infrastrutture richiede un approccio olistico che integri competenze tecniche, manageriali, normative e sociali.

La dimensione del ciberspazio e delle infrastrutture spaziali, sempre più centrali nell'architettura infrastrutturale contemporanea, trova in questo lavoro un inquadramento maturo e lungimirante. La crescente convergenza tra infrastrutture terrestri e spaziali, accelerata dall'avvento delle costellazioni satellitari e dell'Internet of Things, richiede proprio quel tipo di pensiero sistematico e antifragile che gli autori promuovono.

L'eredità di questo libro non si limita all'ambito accademico o teorico, ma si estende a tutti coloro che, a vario titolo, sono chiamati a progettare, gestire o governare le infrastrutture del futuro. Ingegneri, manager, policy maker e cittadini trovano qui un linguaggio comune e strumenti concettuali condivisi per affrontare le sfide della complessità infrastrutturale.

In un momento storico in cui le infrastrutture critiche sono chiamate a supportare transizioni epocali – energetica, digitale, sociale – questo lavoro offre una bussola preziosa per navigare l'incertezza e costruire sistemi non solo resilienti, ma genuinamente antifragili e rigenerativi. È un contributo che ogni professionista del settore dovrebbe considerare parte integrante del proprio bagaglio conoscitivo, non come collezione di ricette preconfezionate, ma come stimolo al pensiero critico e all'innovazione responsabile.

La strada verso infrastrutture davvero antifragili è ancora lunga, ma questo testo traccia con chiarezza la direzione da seguire e fornisce gli strumenti concettuali per intraprenderla con consapevolezza e determinazione.

INTRODUZIONE

Nel nuovo paradigma 5.0 che si va delineando, ogni elemento del tessuto socioeconomico diventa parte di una rete complessa e interdipendente. Imprese, istituzioni, tecnologie, persone e ambiente non possono più essere considerati come entità separate, ma come componenti di un ecosistema in continua evoluzione. In questo contesto, il dominio dello spazio assume un rilievo strategico crescente. Le tecnologie spaziali non sono più confinate all'ambito della ricerca o della difesa ma sono ormai integrate nella vita quotidiana, nei servizi pubblici, nella gestione del territorio e nella transizione digitale.

Il riferimento teorico-operativo al “paradigma 5.0” cui si fa in questo libro è quello elaborato da Casale e Rinaldi in *Il Paradigma 5.0*, che sistematizza i principi di governance trasformativa, antifragilità organizzativa, etica della tecnologia e orientamento al bene comune.

Questa visione la si ritrova nella definizione di Industria 5.0 riportata nella UNI/PdR 155:2023, secondo la quale si tratta di una “modalità organizzativa che rafforza il ruolo e il contributo del settore produttivo verso la società e l’ambiente, mettendo il benessere del lavoratore e l’utilizzo etico delle tecnologie al centro dei processi, per affermarsi quale fonte resiliente di prosperità anche a seguito di fattori di stress [...]”, generando valore condiviso oltre la crescita, nel rispetto dei limiti del pianeta, delle generazioni future e del bene comune”. Definizione, inoltre, confermata nella sua validità e applicabilità dal position paper *Formalising Industry 5.0 – A Proposal for a European Governance Framework of the Paradigm 5.0* (2025), che ne attesta la coerenza con i pilastri europei di umanocentricità, sostenibilità e resilienza. A sostegno di tale impostazione si collocano anche i documenti della