$$\begin{bmatrix} z(t) \end{bmatrix}$$

$$= R(\Omega, i, \omega) \cdot \begin{bmatrix} x_p(t) \\ y_p(t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$r_p(t) = \begin{bmatrix} x_p(t) \\ y_p(t) \\ 0 \end{bmatrix} =$$

$$= a \begin{bmatrix} \cos E(t) - e \\ \sqrt{1 - e^2} \sin E(t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$M(t) = n(t - t_0) = E(t) - e \sin E(t)$$

$r(t)$	Position vector
a	Semi-major axis
e	Eccentricity
i	Inclination
Ω	Right ascension of ascending node
ω	Argument of perigee
$E(t)$	Eccentric anomaly
$M(t)$	Mean anomaly
$n = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}$	Mean motion
$\mu = GM_E$	Earth's gravitational parameter

$$i = \arccos\left(\frac{h_z}{\|h\|}\right)$$

$$\Omega = \operatorname{atan2}(h_x, -h_y)$$

$$\omega = \operatorname{atan2}\left(\frac{n \cdot (e_{\text{vc}} \times h)}{\|n\| \, h\|}, \frac{n \cdot e_{\text{vc}}}{\|n\| e_{\text{vc}}\|}\right)$$

$$e_{\text{vc}} = \frac{1}{\mu}\left[\left(\mathrm{v}^2 - \frac{\mu}{r}\right) r - (r \cdot \mathrm{v})\mathrm{v}\right]$$

immagine: generata con intelligenza artificiale

UGO MARTURANO

INGEGNERE MILITARE

SPACE TRAFFIC MANAGEMENT MILITARE

Il satellite che non passa

Quale è il confine tra traffico orbitale e comportamento strategico? Lo Space Traffic Management civile garantisce sicurezza, ma la Difesa richiede Space Domain Awareness (SDA) per interpretare intenzioni, rischi e dual-use delle Rendezvous and Proximity Operations (RPO)



Nel 2015 il satellite russo Luch/Olymp-K si collocò in orbita geostazionaria a ridosso di due satelliti commerciali Intelsat, Intelsat 7 e Intelsat 901. Non li colpì. Non li danneggiò. Non produsse detriti. Ma rimase abbastanza vicino da costringere l'operatore a porsi una domanda che oggi vale più di molte definizioni dottrinali: quando una manovra orbitale smette di essere traffico e diventa comportamento strategico?

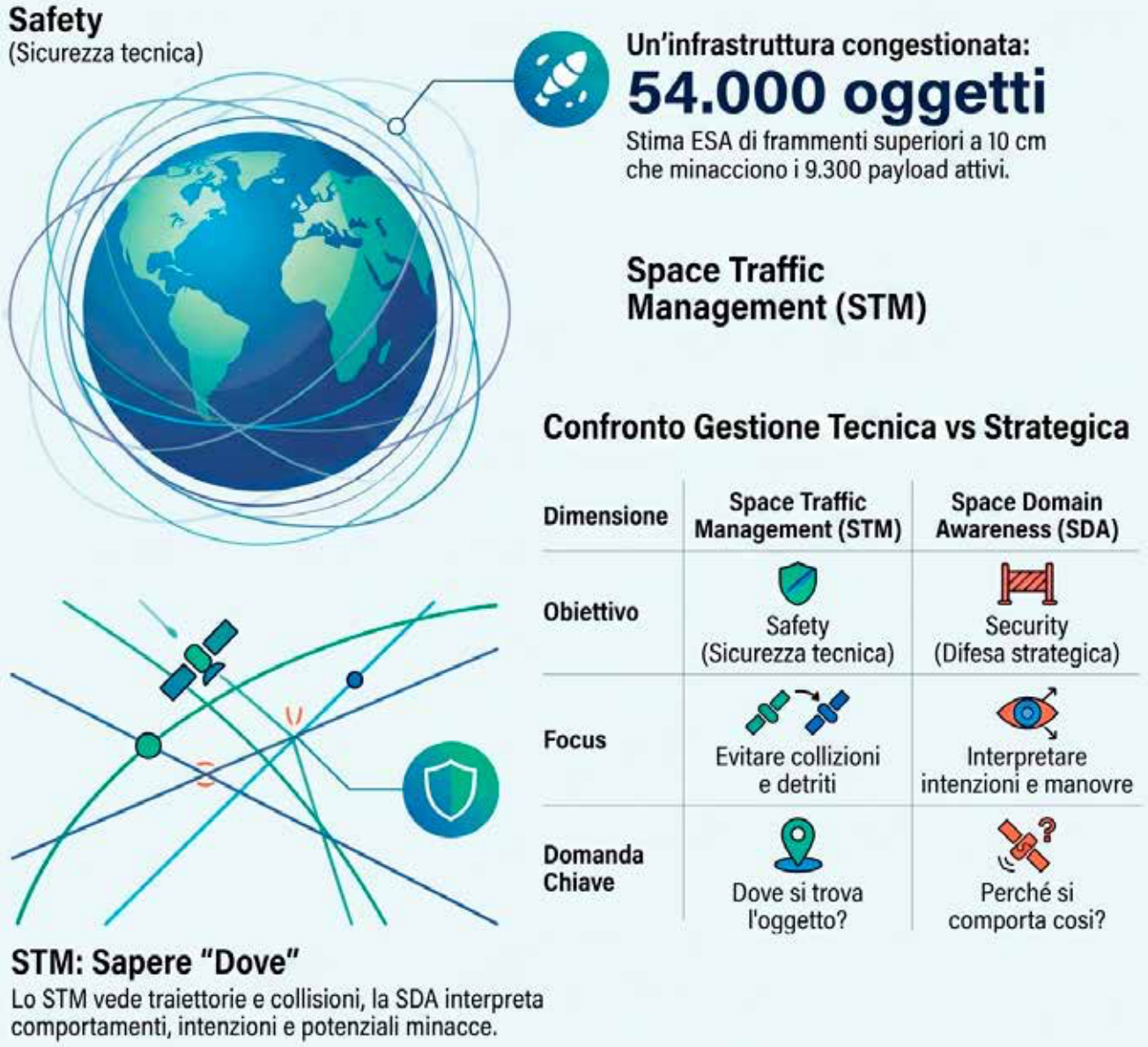
È qui che nasce il problema dello Space Traffic Management (STM) militare. Lo STM civile serve a evitare collisioni, prevedere rientri, gestire congiunzioni, analizzare frammentazioni e rendere più sicuro un ambiente orbitale sempre più affollato. È indispensabile. Ma non basta alla Difesa. In un ambiente contestato, il punto non è soltanto sapere dove si trova un oggetto. Il punto è capire se quel movimento esprima un rischio, un'intenzione, un test, un errore, un'attività ispettiva o una possibile minaccia.

La differenza è tutta lì. Negli ultimi anni l'ambiente spaziale ha subito una trasformazione strutturale. La riduzione dei costi di lancio, la diffusione dei piccoli satelliti, l'espansione delle costellazioni commerciali e la crescita dei servizi satellitari hanno moltiplicato gli oggetti in orbita. Secondo le statistiche dell'European Space Agency (ESA), il modello MASTER-8 stima circa 54.000 oggetti spaziali superiori a 10 centimetri in orbita, inclusi circa 9.300 payload attivi. L'orbita terrestre non è più un ambiente rarefatto: è un'infrastruttura congestionata. Questa congestione genera anzitutto un problema di safety, cioè sicurezza tecnica delle operazioni. Detriti, stadi superiori di lanciatori, satelliti dismessi e frammenti prodotti da collisioni o esplosioni possono danneggiare assetti attivi. Anche oggetti di piccole dimensioni, a velocità orbitali elevate, possono produrre effetti sproporzionati. In questo ambito operano i servizi di Space Surveillance and Tracking (SST), finalizzati a rilevare, catalogare e prevedere il comportamento degli oggetti spaziali.

In Europa, lo European Union Space Surveillance and Tracking (EU SST) fornisce tre servizi principali: Collision Avoidance (CA), Re-entry Analysis (RE) e Fragmentation Analysis (FG). CA aiuta a

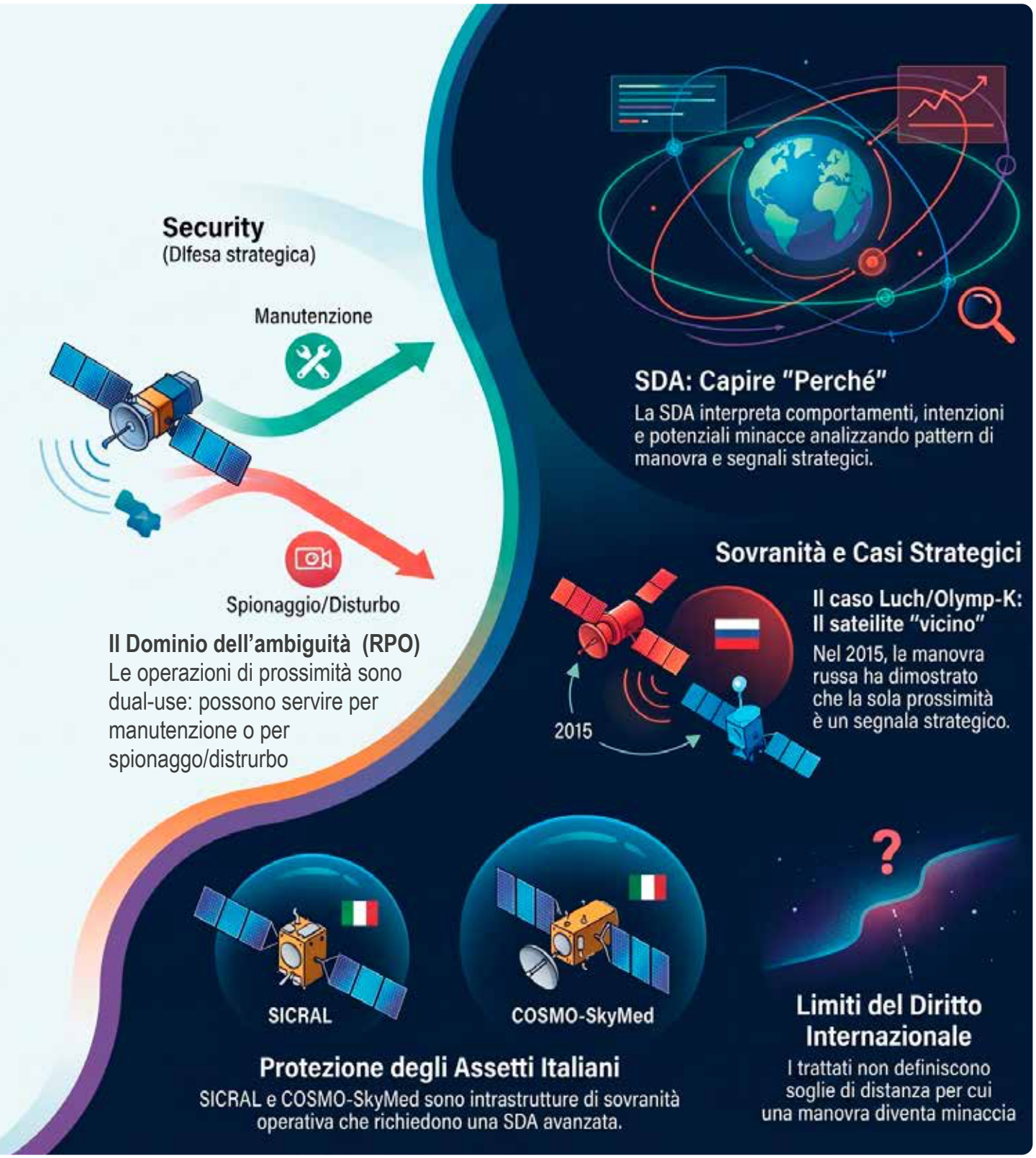
Dalla Safety alla Security: L'evoluzione della Space Domain Awareness

L'ambiente spaziale è ormai congestionato, con oltre 54.000 oggetti tracciati. In questo scenario, la distinzione tra **Space Traffic Management - STM** (sicurezza tecnica) e **Space Domain Awareness - SDA** (sicurezza startegica) diventa fondamentale per proteggere infrastrutture critiche come i satelliti italiani **SICRAL** e **COSMO-SkyMed**



valutare il rischio di collisione tra satelliti o tra satelliti e detriti; RE stima il rischio connesso ai rientri incontrollati; FG individua e caratterizza eventi di frammentazione in orbita. È una capacità essenziale per operatori istituzionali, commerciali e scientifici.

Per la Difesa, però, la safety è solo il primo strato. Sopra c'è la security. Un detrito non decide. Un satellite, invece, può manovrare.
Può avvicinarsi. Può sostare. Può cambiare assetto. Può collocarsi in una posizione utile a osservare, disturbare, intercettare o condizionare un altro



assetto. Una piattaforma progettata per servizi in orbita può svolgere una missione legittima di ispezione, manutenzione o rimozione di detriti; la stessa cinematica, in un altro contesto, può avere valore militare o di intelligence.

È il dominio dell'ambiguità. Le Rendezvous and Proximity Operations (RPO) sono tecnicamente legittime e sempre più importanti per il futuro dello spazio.

Serviranno a riparare satelliti, rifornirli, ispezionarli, rimuovere oggetti pericolosi. Ma sono dual-use. Il caso Luch/Olymp-K mostra

precisamente questo: una manovra può essere tracciata come fatto astrodinamico e valutata, contemporaneamente, come segnale strategico.
Da qui deriva una conseguenza scomoda: la distinzione tra STM civile e STM militare è necessaria sul piano organizzativo, ma insufficiente sul piano operativo. Se lo STM resta gestione del traffico, vede traiettorie. Se evolve in Space Domain Awareness (SDA), cioè consapevolezza del dominio spaziale, interpreta comportamenti. La Space Situational Awareness (SSA) dice che cosa c'è in orbita e dove si trova. La SDA risponde alla domanda decisiva: perché quell'oggetto si comporta così?
Per l'Italia, questa distinzione riguarda assetti concreti. Il Sistema Italiano per Comunicazioni Riservate e Allarmi (SICRAL) assicura comunicazioni satellitari protette per esigenze militari e governative. La Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation (COSMO-SkyMed) garantisce capacità di osservazione radar a uso duale, mediante sensori Synthetic Aperture Radar (SAR), capaci di acquisire immagini anche di notte e in condizioni meteorologiche sfavorevoli. Sono infrastrutture di sovranità operativa, non semplici programmi tecnologici.
La vulnerabilità cambia con l'orbita. In Geostationary Earth Orbit (GEO), dove operano molti satelliti per telecomunicazioni, il rischio principale non è la densità dei detriti tipica della Low Earth Orbit(LEO), ma la prevedibilità. Un satellite geostazionario appare sostanzialmente fisso rispetto alla superficie terrestre. Questa stabilità è preziosa per le comunicazioni, ma rende l'assetto più esposto a shadowing, osservazione ravvicinata, interferenza o manovre di prossimità. In LEO la criticità è dinamica: più traffico, più congiunzioni, più probabilità di manovre evasive, più consumo di propellente, più rischio di indisponibilità temporanea del servizio.
L'Italia non parte da zero. L'Italian Space Operations Centre (ISOC) dell'Aeronautica Militare è stato sperimentato nell'ambito della missione Axiom-3 (Ax-3), con un'attività sulla International SpaceStation (ISS) volta a testare la valutazione del rischio di collisione con detriti e oggetti in orbita. È una base, non un punto d'arrivo. La protezione militare degli assetti spaziali non può limitarsi a importare avvisi di congiunzione o a reagire a notifiche esterne: serve integrare sensori nazionali, dati alleati, fonti commerciali selezionate, intelligence, cyber defence, analisi comportamentale e procedure decisionali. Il rischio non è solo perdere un satellite. È perdere la capacità di capire in tempo che cosa stia accadendo.
Anche il diritto internazionale mostra i suoi limiti. L'Outer Space Treaty (OST) stabilisce principi fondamentali: libertà di esplorazione e uso, divieto di collocare armi nucleari o di distruzione di massa in orbita, conformità al diritto internazionale. L'articolo IX introduce il principio del "due regard" e il tema delle "potentially harmful interference". Ma non definisce soglie tecniche precise: non dice a quale distanza una RPO diventi sospetta, né quando una prossimità diventi minaccia.
La Legge 13 giugno 2025, n. 89, recante disposizioni in materia di economia dello spazio, introduce in Italia un regime autorizzativo nazionale per le attività spaziali e riconosce lo spazio quale crocevia di interessi geopolitici, economici, scientifici e militari.
L'articolo 28 esclude dall'ambito applicativo della legge le attività spaziali condotte dal Ministero della Difesa e dagli organismi di informazione per la sicurezza, senza per questo creare uno "spazio sovrano" sottratto al diritto.
La direzione strategica è chiara, e va detta senza formule di rito: l'Italia deve finanziare e trattare la SDA come capacità operativa, non come accessorio tecnico dello STM. Prevenire collisioni è necessario. Capire comportamenti anomali è decisivo. Un oggetto vicino a un satellite nazionale non è automaticamente una minaccia, ma non è nemmeno soltanto un punto su una mappa. È un fatto operativo da interpretare.
Lo STM militare, in definitiva, non è una torre di controllo orbitale. È intelligence del comportamento spaziale. Serve a evitare collisioni, ma soprattutto a trasformare movimento in significato, prossimità in valutazione del rischio, dato orbitale in decisione.
Il caso Luch/Olymp-K lo mostra: il satellite non aveva bisogno di colpire per diventare un problema. Gli bastava restare abbastanza vicino da costringere qualcuno a chiedersi perché fosse lì.