



STATO MAGGIORE DELL'AERONAUTICA

5° Reparto “Comunicazione”

5° Ufficio Pubblica Informazione – Relazioni con i media giornalistici

SCHEDA INFORMATIVA: l'Aeronautica Militare guida l'innovazione nella sicurezza del volo spaziale con l'esperimento ISOC for ISS

È stato testato con successo, sulla Stazione Spaziale Internazionale, il software ISOC, per la valutazione in tempo reale del rischio di collisione con detriti

Nell'ambito delle attività che l'Aeronautica Militare ha portato sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS – International Space Station), grazie alla partecipazione alla missione Axiom Mission 3 (Ax-3), uno degli esperimenti contribuirà ad aprire una nuova frontiera in materia di sicurezza della navigazione spaziale.

Per la prima volta, infatti, è stata testata la possibilità, da parte degli astronauti a bordo della ISS, di svolgere analisi approfondite e valutare autonomamente, senza supporto da Terra, l'insorgere di eventuali minacce causate da detriti in orbita. Questo grazie alla capacità di accedere, dallo Spazio, a una piattaforma web denominata ISOC (Italian Space Operations Centre), che ha permesso all'equipaggio anche di monitorare l'attività solare (Space Weather) e di segnalare eventi di rilievo potenzialmente correlati.

Concepito dall'Aeronautica Militare, sviluppato in collaborazione con industria ed enti di ricerca nazionali, ISOC è un software progettato per rispondere alle esigenze di una “strategica conoscenza dell'ambiente spaziale”, nota in ambito internazionale come “Space Situational Awareness” (SSA). Tra i paesi attivi nel settore, tra cui l'Italia, il perseguimento della SSA costituisce condizione necessaria per ogni valutazione sulla sicurezza delle operazioni spaziali. Ciò diventa ancora più indispensabile alla luce di alcuni episodi occorsi negli ultimi anni, che hanno interessato la vita operativa dell'ISS, come nell'aprile 2021, quando una capsula Crew Dragon, diretta proprio verso la ISS, è stata raggiunta dall'allarme proveniente dai controllori di terra per una potenziale collisione con un oggetto non identificato. In quel caso, i quattro membri dell'equipaggio dovettero completare velocemente la procedura di sicurezza e prepararsi a un eventuale impatto, che per fortuna si rivelò un falso allarme. L'episodio ebbe il merito di catalizzare, per la prima volta, l'attenzione della stampa non di settore, dell'opinione pubblica e soprattutto delle istituzioni, sul problema dei detriti spaziali.

Ci si riferisce a essi con il termine “space debris”, frammenti di vario materiale nello Spazio, residui di attività antropiche, che viaggiano a velocità tali da sviluppare energia sufficiente a distruggere vettori in transito o satelliti operativi. La probabilità di collisioni è destinata a crescere nel futuro, in proporzione al sempre maggior numero di lanci e di attività umane nello Spazio. A confermarlo è l’aumento della frequenza con la quale la ISS ha dovuto recentemente cambiare la propria orbita: tre volte nel solo 2022, in relazione a un totale di 33 manovre eseguite a partire dal 1998, anno della sua messa in orbita.

Il rischio di collisione è sempre attuale e calcolabile, anche se gli oggetti tracciati in orbita terrestre con dimensioni tali da causare seri danni sono quasi 45.000, ce ne sono molti altri, di più piccole dimensioni, che possono sfuggire al controllo dei sensori. Nel maggio 2021, per esempio, la Canadian Space Agency ha reso noto di aver rilevato un foro di circa 5 mm di diametro nel Canadarm-2, un braccio robotico collegato all’ISS, con ogni probabilità causato da un detrito non tracciato.

L’ISS è il veicolo spaziale più pesantemente schermato che sia mai stato messo in orbita. I componenti critici, come le cellule abitate e i serbatoi ad alta pressione, sono stati progettati per resistere all’impatto di detriti fino a 1cm di diametro. Per mitigare il rischio di impatto con detriti di diametro maggiore, non esiste altro che la prevenzione tramite monitoraggio. La NASA ha dettato gli standard tecnici per le missioni spaziali in fase di pianificazione o design e offre gratuitamente il Debris Assessment Software (DAS) come strumento per verificare la conformità a tali standard. Gli assetti spaziali di ultima generazione, come i satelliti della costellazione Starlink, prevedono poi capacità autonome di predizione e l’attuazione di manovre evasive, senza necessità di input da parte di operatori umani, i quali, comunque, restano ingaggiati come misura di sicurezza aggiuntiva.

Si tratta di notevoli passi avanti verso uno sviluppo più sostenibile delle attività intorno alle fasce orbitali, ma la minaccia costituita da oggetti non controllati o gestiti da operatori non allineati è destinata a crescere ancora nei prossimi anni.

Le orbite basse sono le più esposte a questo genere di rischi, in quanto più densamente popolate. Non è in gioco solo la sicurezza degli equipaggi, ma l’intero equilibrio della società contemporanea, fragile e ipertecnologica, fortemente dipendente da assetti e da architetture orbitanti. Incalcolabili risulterebbero i danni in caso di scontro distruttivo.

Già da tempo, governi, agenzie spaziali e organizzazioni internazionali mettono in atto strategie di collaborazione per la sorveglianza e il tracciamento degli oggetti spaziali; attività nota agli addetti ai lavori come Space Surveillance and Tracking (SST). Il primo a muoversi in questa direzione è stato il Dipartimento della Difesa americano, che già ai tempi della guerra fredda provvedeva alla pubblicazione di un catalogo aggiornato di oggetti orbitanti e delle relative orbite, oggi gestito dal 18th Squadron della Space Force, presso la Base spaziale di Vandenberg, in California. In Europa, invece, si è dovuto attendere il 2014 affinché la Commissione europea, su decisione del Parlamento europeo e del Consiglio, istituisse il consorzio di sorveglianza e tracciamento spaziale (EU SST), per

realizzare un programma europeo di monitoraggio del traffico spaziale. Si è sviluppato così, anche nel vecchio continente, un sistema di rilevamento satellitare, attraverso il quale i Paesi membri mettono in comune le informazioni provenienti dai loro sensori, per la protezione di assetti spaziali e infrastrutture a Terra, nelle superfici di pertinenza dell'Unione.

Inizialmente costituito da cinque nazioni proprietarie di assetti orbitanti (Francia, Germania, Spagna, Italia e Regno Unito) il consorzio denominato EU SST si è evoluto nel 2023, diventando una vera e propria Partnership di quindici Paesi europei. Ai servizi già offerti dal consorzio, quali la valutazione del rischio di collisione per satelliti, il calcolo delle stime di rientro in atmosfera di oggetti spaziali e lo studio di frammentazioni in orbita, si è aggiunta la costituzione di un catalogo europeo aggiornato, del tutto compatibile e sovrapponibile a quello americano.

L'Italia aderisce al programma EU SST attraverso il Ministero della Difesa, l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). Il compito di creare un'architettura per la raccolta e l'analisi dei dati fu demandato al Reparto Sperimentale di Volo (RSV), una delle eccellenze dell'Arma Azzurra. Il Reparto, sfruttando la capacità industriale nazionale, ideò un sistema informativo per la gestione del catalogo degli oggetti orbitanti e dei dati associati, provenienti da osservazioni dirette, nonché per i calcoli astrodinamici relativi a eventi SST. Nasce così la piattaforma "Italian SST Operations Center" ISOC, tra le cui funzioni vi è quella di fornire servizi di analisi delle potenziali collisioni e di incontri ravvicinati tra oggetti orbitanti, detti di Collision Avoidance (CA).

In particolare, i servizi di CA sono diventati con il tempo uno strumento fondamentale per la gestione del traffico in orbita, avendo il compito di caratterizzare gli incontri ravvicinati tra coppie di oggetti e di valutarne l'effettivo rischio di impatto. Quando vengono rilevate distanze di separazione potenzialmente rischiose, viene emesso un Conjunction Data Message (CDM), in cui vengono riportare le informazioni di dettaglio su un oggetto "primario", di importanza strategica, e uno "secondario", inerte o anche attivo, potenzialmente pericoloso. Il CDM include le coordinate cartesiane, l'istante in cui gli oggetti raggiungono la minima distanza fra loro (Time of Closest Approach - TCA), la misura di tale distanza in quell'istante (Minimum Distance - MD) e la probabilità di collisione (Probability of Collision - PoC), determinata con complesse metodologie di calcolo. Nel caso in cui una valutazione di congiunzione restituisca valori di MD o PoC che superano le soglie d'allarme, un apposito algoritmo di proprietà dell'Aeronautica Militare e sviluppato dal Politecnico di Milano, consente di calcolare la manovra adeguata a mettere in salvo l'oggetto primario, che può essere suggerita al gestore dell'assetto.

Il 12 aprile 2021, il Centro Space Situational Awareness (C-SSA) è stato istituito alle dipendenze del Comando Operazioni Aerospaziali (COA) di Poggio Renatico, in provincia di Ferrara. Il nuovo ente ha assunto i compiti di pianificazione delle operazioni spaziali, diventando centro nevralgico di raccordo dei dati dei sensori nazionali e punto di riferimento in Europa per i servizi SST, mentre il Gruppo di Ingegneria per l'Aerospazio (GIAS) del RSV è titolare delle funzioni tecniche relative allo sviluppo.

Sono passati dieci anni da quando lo Stato Maggiore dell'Aeronautica, tramite il suo rappresentante – l'allora Tenente Colonnello – Walter Villadei, portò l'Italia nel consorzio EU SST e al susseguente sviluppo del sistema ISOC. Oggi, è proprio il Colonnello Walter Villadei, quale componente dell'equipaggio della missione Ax-3, ad aver portato l'ISOC a un livello di sviluppo superiore: il suo esordio nello Spazio. Utilizzando situazioni reali e dati operativi, il Col. Villadei ha analizzato, nel periodo a bordo della ISS, i CDM emessi dal sistema in modo automatico o appositamente indotti a fini di studio.

Per quanto concerne lo space weather, il sistema ISOC è fornito di una funzionalità sperimentale che, da una parte, consente di acquisire e visualizzare le informazioni sull'attività solare provenienti dal Centro Nazionale per la Meteorologia e Climatologia Aerospaziale (CNMCA) di Pratica di Mare e, dall'altra, permette di raccogliere feedback di anomalie, attraverso un'interfaccia grafica dedicata. Queste possono riguardare vari aspetti della funzionalità della navigazione dell'ISS, come a esempio l'indice di copertura del segnale GPS/GNSS, oppure malfunzionamenti alle apparecchiature elettroniche. Grazie alla precisione con la quale si individuano i tempi e i sottosistemi interessati, il test condotto a bordo aiuterà lo studio sistematico delle corrispondenze tra eventi di space weather e anomalie generate in corso di navigazione.

Nel corso dell'ultima fase di preparazione dei test, un team composto da sperimentatori del GIAS e di sistemisti di Leonardo ha collaborato con i tecnici della NASA e di Axiom Space per armonizzare procedure e standard di sicurezza. L'obiettivo è quello di rendere l'interpretazione grafica del software convenzionalmente condivisa, al fine di garantire un ambiente più sicuro e comprensibile per tutti gli utenti.

Nella prospettiva, non troppo lontana, dello sfruttamento delle orbite cislunari e in quella di viaggi interplanetari, il futuro dell'esplorazione spaziale chiede una maggiore efficienza e sostenibilità, anche nei sistemi di automazione per la determinazione di potenziali collisioni e relative manovre di emergenza. Il test è un primo passo verso l'emancipazione degli astronauti dal supporto dei segmenti terrestri. I processi decisionali dovranno avvenire in tempo reale, soprattutto in considerazione del fatto che lo spazio si configura sempre più come dominio di confronto tra superpotenze. Queste considerazioni devono quindi ancora di più indurre i legislatori a focalizzarsi su regole condivise, tra stati e tra operatori istituzionali e commerciali, al fine di diminuire drasticamente ciò che può compromettere la sicurezza delle operazioni spaziali. Tra queste, particolare urgenza riveste quella di munire ogni satellite di una capacità di rientro auto distruttivo che non pregiudichi la sicurezza di altri attori nello Spazio, men che mai, delle popolazioni e delle infrastrutture al suolo.

Fonte DASAS – Reparto Sperimentale di Volo