

IL LATO SPORCO DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE

Pericolo spazzatura spaziale! è il titolo di un libro per ragazzi di Geronimo Stilton, e mai titolo fu più attuale di questo per descrivere un problema che coinvolge il mondo intero: quello dei rifiuti che orbitano intorno alla Terra. Nel mondo degli adulti il tema è stato ben trattato nel pluripremiato film *Gravity* del 2013, nel quale lo shuttle che porta gli astronauti viene colpito da un'onda di detriti provocata da una reazione a catena innescata da un missile che ha colpito un satellite ormai in disuso. E quindi...

Perché i rifiuti nello spazio sono un problema grave?

La premessa è questa: l'era spaziale è iniziata nel lontano 1957 con il lancio del primo satellite russo Sputnik e da allora le agenzie spaziali di tutto il mondo hanno lanciato migliaia di razzi e messo in orbita molti satelliti (scientifici e commerciali).

Gli stadi finali dei razzi rimasti in orbita e i satelliti non più funzionanti –ma anche i piccoli elementi da questi derivati– costituiscono quella che viene definita *space junk* o *space debris*, la pericolosissima spazzatura spaziale.

L'orbita su cui viaggia un detrito spaziale potrebbe infatti incrociare l'orbita di un elemento attivo (ad esempio un satellite) e quindi i due oggetti potrebbero collidere: la velocità relativa tra essi può essere così alta –dell'ordine di decine di volte quella di un proiettile– da poter danneggiare o distruggere la struttura attiva,

creando quindi nuovi detriti e provocando collisioni a cascata. In alcuni casi è possibile manovrare i satelliti per evitare il pericolo, in altri sono coinvolti elementi in disuso che non possono essere controllati in alcun modo.

Uno degli ultimi episodi di grave pericolo di collisione con un rifiuto spaziale risale al mese di settembre del 2020, quando la stazione spaziale ISS (International Space Station) ha dovuto schivare con una manovra di emergenza un detrito in avvicinamento proveniente da un razzo giapponese lanciato nel 2018 ([global-science](#)).

La maggior parte della spazzatura spaziale si trova in una regione definita LEO (Low Earth Orbit o [orbita terrestre bassa](#)), che si estende da 300 km fino a 1.000 km di quota ([astro-space](#)).

Al novembre 2020 circa 3.300 satelliti ancora funzionanti viaggiavano nello spazio intorno alla Terra, insieme a oltre 3.000 mezzi dismessi; si stima inoltre che in orbita viaggino 34.000 pezzi di rifiuti spaziali di dimensione superiore a 10 cm e 128.000.000 di oggetti di dimensioni comprese fra 1 mm e 1 cm; si stima che la quantità totale di oggetti in orbita intorno al pianeta ammonti a più di 9.100 tonnellate ([ESA](#)).

Il monitoraggio dei rifiuti spaziali

È quindi evidente e urgente la necessità di conoscere al meglio ciò che viaggia intorno alla Terra.

Numerosi enti sono attivi nell'individuare e tracciare gli og-

getti in orbita LEO, così come è attiva una rete di osservatori amatoriali (come la [Visual Satellite Observers](#)).

Il più grande catalogo pubblico degli oggetti spaziali è quello prodotto dallo *Space Surveillance Network* statunitense (una rete che utilizza oltre 30 radar terrestri e telescopi ottici e sei satelliti in orbita) ma alcuni ricercatori ritengono che il catalogo sottostimi la quantità di frammenti potenzialmente pericolosi realmente presenti intorno al pianeta ([global-science](#)).

A livello europeo, l'ESA (European Space Agency) svolge campagne di misura della spazzatura spaziale avvalendosi del sistema TIRA (Tracking & Imaging Radar) ubicato in Germania, vicino a Bonn ([Wikipedia](#)).

Se di ogni oggetto catalogato è stata calcolata l'orbita –fatto che rende possibile predisporre per tempo manovre correttive– di altre centinaia di migliaia di pezzi piccoli (che si muovono ad altissima velocità) non si conosce nulla ed essi rappresentano quindi gli oggetti più pericolosi.

La normativa nello spazio

Un trattato internazionale contiene i principi generali che governano le attività degli Stati nello spazio extra-atmosferico: si tratta di OST (Outer Space Treaty) promosso dalle Nazioni Unite, ratificato da più di cento Stati ed entrato in vigore nel 1967.

Le regole generali del Trattato prevedono il principio di libero accesso e libero utilizzo dello spa-

zio da parte di tutta la comunità internazionale, il principio di non appropriazione dello spazio e dei corpi celesti, il principio di utilizzo pacifico dello spazio, il principio di cooperazione internazionale e il principio di responsabilità statale per i danni causati dalle attività spaziali (UniGe).

Per quanto concerne i rifiuti spaziali, esistono regole di carattere nazionale o comunitario: ad esempio, negli USA vigono le *U.S. Government Orbital Debris Mitigation Standard Practices*, in Europa le *Space Debris Mitigation Guidelines*. Stabiliscono principi nell'interesse di tutte le Nazioni (con o senza accesso autonomo allo spazio) per ridurre la generazione di nuovi detriti e mitigare gli effetti di quelli già presenti. L'obbligo di osservanza delle regole è però imposto ai soli operatori e costruttori delle relative nazioni.

La regolamentazione statunitense, basata sull'esperienza diretta della NASA (National Aeronautics and Space Administration), elenca alcuni dettati importanti per limitare la formazione di detriti spaziali:

- durante le fasi di immissione in orbita, i primi stadi e gli stadi superiori dei vettori devono essere progettati per ridurre al minimo i detriti rilasciati durante le operazioni di lancio
- nella progettazione di un vettore o di un satellite la probabilità di esplosione deve risultare inferiore a 1 su 1.000 durante le operazioni di dispiegamento in orbita
- tutte le fonti di energia presenti a bordo di un veicolo e di uno stadio superiore vanno esaurite o messe in sicurezza quando non sono più necessarie
- nello sviluppo di una missione deve essere stimata la probabilità di collisione con oggetti di dimen-

sioni superiori a 10 cm, mantenendola inferiore a 1 su 1.000 durante tutta la vita orbitale

- i veicoli spaziali devono essere progettati in modo tale da limitare a 1 su 100 la probabilità che la collisione con micrometeoriti e detriti orbitali inferiori a 1 cm provochi danni che ne impediscano lo smaltimento programmato a fine vita operativa
- i satelliti non più operativi devono essere smaltiti, ed esistono diverse possibilità. Ad esempio, una prima possibilità è il rientro atmosferico entro i 25 anni dal termine delle operazioni (garantendo l'assenza di pericolo per eventuali rottami sia durante la fase di abbassamento dell'orbita sia per quelli sopravvissuti al rientro); una seconda è il "parcheggio a lungo termine" ad altitudine di sicurezza oltre i 36.000 km (che corrisponde alla quota massima normalmente utilizzata, cioè quella dei satelliti geostazionari), dove essi continueranno ad orbitare anche per centinaia di anni.

L'evoluzione delle tecnologie spaziali ha messo in luce le potenzialità scientifiche ed economiche delle applicazioni che si basano sui sistemi spaziali, aprendo la via al progressivo intervento di attori privati e richiedendo un costante aggiornamento delle regole.

Fra le più importanti, la proposta di dotare tutti i mezzi immessi oltre i 400 km di altitudine di un sistema in grado di mantenere l'orbita e di effettuare manovre per evitare collisioni accidentali: questa richiesta, però, precluderebbe l'accesso allo spazio ai privati e alle università in quanto dotare un satellite di capacità di manovra è molto costoso.

Un'altra proposta è quella di richiedere che ogni mezzo (di qualsiasi dimensione e scopo) sia

dotato di un sistema di posizionamento attivo a bordo in modo da facilitare la catalogazione e l'individuazione nonché il calcolo dell'evoluzione dell'orbita ([AstronautiNEWS](#)).

Le operazioni di bonifica

Sono allo studio numerose tecnologie per rimuovere dallo spazio i rifiuti spaziali, nonostante il recupero dei detriti sia una soluzione estremamente dispendiosa. Esse puntano su un elemento comune: spingere i detriti all'interno dell'atmosfera perché vengano completamente bruciati prima di raggiungere la superficie terrestre.

Per ripulire l'orbita bassa terrestre, nel 2017 è stata messa in campo la missione *RemoveDebris* di iniziativa europea; utilizzando come detriti artificiali alcuni [CubeSats](#), essa si prefigge di dimostrare la validità di quattro diverse tecnologie. Nel primo esperimento viene utilizzata una rete per catturare il CubeSat; nel secondo viene sparato un arpione verso un disco bersaglio per testare le capacità di aggancio senza generare detriti. Il terzo esperimento è finalizzato all'intercettazione di detriti in navigazione ottica mentre il quarto - finalizzato al rientro del detrito catturato - utilizza una grande vela per generare l'attrito sufficiente per far decadere l'orbita dei detriti catturati ([AstronautiNEWS](#)).

Un gruppo di ricercatori del Centro Aerospaziale Tedesco, invece, propone di sfruttare fasci di laser ad alta intensità per colpire i detriti in modo da deviarli dalla loro traiettoria, farli rientrare in atmosfera e quindi farli distruggere durante il rientro ([SPIE](#)).

Recentemente l'ESA ha avviato una nuova modalità di intervento: ha stipulato un contratto di servizio con un fornitore

commerciale per la rimozione in sicurezza di detriti nell'orbita terrestre bassa. Si tratta della missione ClearSpace-1 dell'omonima startup svizzera; la missione, che sarà lanciata nel 2025, prevede di immettere in orbita dei satelliti provvisti di braccia robotiche in grado di catturare i detriti e di deorbitarli. Il primo "detrito" da deorbitare è di dimensioni molto importanti: si tratta di un dispenser di satelliti del peso di 112 kg ([astropace](#)).

La società privata giapponese Astroscale ha invece in programma per marzo 2021 il lancio della prima missione dimostrativa di ELSA (End-of-Life Service by Astroscale) il cui scopo è quello di verificare il buon funzionamento delle tecniche di base necessarie per l'aggancio e la rimozione dei detriti spaziali dall'orbita terrestre bassa. In questa prima missione verranno utilizzati due satelliti: il primo (bersaglio) simulerà il detrito mentre il secondo sarà l'inseguitore, che dovrà individuare il bersaglio per poi agganciarlo; sarà la prima missione in grado di effettuare una cattura semi-autonoma di un detrito non più controllabile ([astropace](#)).

La prevenzione

Anche nello spazio vale la massima del medico secentesco Bernardino Ramazzini: *prevenire è di gran lunga meglio che curare*. Sono quindi state messe in campo anche tecnologie ideate per scongiurare la creazione di nuovi detriti.

Da una decina di anni si parla di schiume espanse per aumentare la resistenza atmosferica dei satelliti a fine vita. Si tratta di creare una sfera di schiuma intorno al detrito da deorbitare in modo da aumentare il suo rapporto area-su-massa; in questo modo la resistenza atmosferica fa de-

lerare il detrito fino al completo bruciamento in atmosfera entro un tempo prestabilito. I composti potrebbero essere incorporati in sistemi da azionare a fine missione (oppure, in caso di bonifica, essere estrusi dal braccio di un satellite dedicato a questo tipo di operazioni) ([Di Mella](#)).

Una società aerospaziale privata americana ha sperimentato una nuova tecnologia: ha dotato un satellite CubeSat di un sistema che dispiega (a fine vita operativa) un nastro di 70 metri che, interagendo col campo magnetico terrestre, si polarizza elettricamente e –raccogliendo le cariche delle particelle ionizzate circostanti– viene percorso da una corrente trasformandosi in un freno elettromagnetico; ciò crea l'attrito sufficiente per far deorbitare il satellite molto più velocemente rispetto al semplice abbandono: la stima è di un tempo di deorbitamento inferiore ai dieci anni ([space news](#)).

È invece degli ultimi giorni del 2020 la notizia di un satellite in legno. L'Università di Kyoto e la società privata Sumimoto Forestry stanno collaborando per svolgere ricerche e test per utilizzare materiali in legno in ambienti estremi: il legno è stato "progettato" per essere estremamente resistente alla luce solare e ai cambiamenti di temperatura. Un satellite in legno potrebbe risolvere il problema della generazione di rifiuti in quanto brucerebbe senza produrre detriti e senza rilasciare sostanze nocive in caso di rientro sulla Terra, contrariamente a quanto accade con i satelliti "classici" che – rientrando nell'atmosfera terrestre – bruciano creando minuscole particelle di ossido di alluminio che restano nella parte più alta dell'atmosfera (e ciò, prima o poi, influenzerà l'ambiente terrestre) ([tech.everyeye](#)).

Quanto costa sbarazzarsi della spazzatura spaziale?

Nel 2020 l'OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ha pubblicato il [primo rapporto](#) sul costo della spazzatura spaziale, il cui monito principale consiste nell'affermare che –sebbene le misure di protezione e di mitigazione siano costose per gli operatori– i rischi e i costi maggiori si manifesteranno in futuro se la generazione di nuovi rifiuti non verrà messa sotto controllo.

In linea di massima proteggere i satelliti dai rifiuti richiede di progettare contromisure, di sorvegliare e localizzare i detriti e di spostare i satelliti dalle orbite di collisione. Il rapporto OECD stima che questi costi potrebbero ammontare al 5-10 % del costo dell'intera missione per i satelliti in [orbita geostazionaria](#), e superare tale percentuale per i satelliti nell'orbita terrestre bassa.

Ma il costo dell'inazione sarebbe ancora più grande: il crescente numero di rifiuti in orbita porterebbe alla così detta [sindrome di Kessler](#) in base alla quale, con l'aumento dei detriti, si genera una reazione a catena che porta a un incremento esponenziale del volume di detriti e quindi del rischio di ulteriori impatti. Le conseguenze socio-economiche della sindrome sarebbero gravi in quanto alcune orbite potrebbero diventare inutilizzabili per le attività umane facendo perdere così la possibilità di usufruire di molti degli odierni impieghi dei satelliti quali le comunicazioni, internet, le previsioni del tempo o le ricerche sul clima ([ESA](#)).

Roberto Spaggiari

Info sull'autore

Socio fondatore CISBA. Già dirigente ARPA Emilia-Romagna, ora AD Società di consulenza tematiche ambientali.
roberto.spaggiari@eurambiente.it