

NAŠU PLANÉTU OBKLOPUJE KOZMICKÝ ODPAD



Mgr. Matej Zigo je interným doktorandom na Katedre astronómie, fyziky Zeme a meteorológie Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK. Vo svojej dizertačnej práci sa zameriava na kategorizáciu a charakterizáciu povrchových vlastností a materiálov kozmického odpadu a blízkozemských asteroidov.

ČAKÁ NÁS VESMÍRNE UPRATOVANIE?

Preteky v kozmickom výskume v druhej polovici 20. storočia odštartovali novú éru dobývania vesmíru a s ním spojené využívanie najbližších obežných dráh okolo Zeme. Geocentrické dráhy ľudstvo využíva dodnes, a to v prvom rade pre funkčné satelity, ktoré plnia úlohy najrôznejšieho druhu – od meteorologických staníc a telekomunikačných satelitov až po satelity sledujúce terén a javy na zemskom povrchu, ako aj vesmír. Avšak už po prvých štartoch sa začalo ukazovať, že priestor v blízkom okolí Zeme nie je neobmedzený. Hoci sú objekty na obežnej dráhe Zeme prirodzenými mechanizmami priťahované späť a časom zhoria v zemskej atmosfére, tento čas silne závisí od výšky orbít. Pre geostacionárne družice, ktoré sa pohybujú v priemernej vzdialenosti približne 35 000 kilometrov od povrchu Zeme, predstavuje aj milióny rokov. Preto sa vedci začali zaoberať problémom tzv. kozmického odpadu.

Podľa definície Európskej vesmírnej agentúry (ESA) sú kozmickým odpadom všetky človekom vytvorené objekty, ktoré už stratili alebo naplnili svoju primárnu funkciu. Z tejto definície vyplýva, že sem patria objekty všetkých veľkostných kategórií vrátane nefunkčných satelitov či použitých nosných rakiet a zároveň objekty najrôznejších tvarov, ktoré vznikli

zrážkami, explóziami alebo inou fragmentáciou kompaktných telies. Momentálne je katalogizovaných necelých 22 000 objektov s rozmermi nad 10 centimetrov, ktoré sú dobre pozorovateľné, a to s presne určenými dráhami vďaka optickej a radarovej astronómii. Severoamerické veliteľstvo vzdušno-kozmickej obrany informácie o týchto objektoch združuje a priebežne

aktualizuje v tzv. NORAD katalógu pod unikátnymi identifikačnými číslami.

Malý neznamená neškodný

Nepoznáme však presný počet menších úlomkov, ktorých je pravdepodobne omnoho viac, no sú prístrojmi prakticky nepozorovateľné. Tieto fragmenty so svojimi vysokými rýchlosťami (rádovo v kilometroch za sekundu) a ostrými

tvarmi pritom taktiež predstavujú vysoké riziko pre nové alebo už funkčné misie. Medzi drobné predmety obiehajúce v blízkom okolí Zeme patria úlomky solárnych panelov, útržky náterov, kondenzáty zo spaľovacieho procesu rakiet, ale aj rôzne rarity. Jednou z nich bola napríklad taška so špecializovaným náradím, ktorá astronautke Heidemarie Stefanyszyn-Piperovej nešťastne uletela v roku 2008 pri práci na solárnych paneloch Medzinárodnej vesmírnej stanice. Vážnejšie riziko však predstavuje americký pokus z čias studenej vojny. USA vtedy chceli vytvoriť umelú ionosféru, ktorá by umožnila odraz rádiových vln, a teda komunikáciu na veľké vzdialenosti prostredníctvom malých objektov na obežnej dráhe. Preto v roku 1963 vypustili na obežnú dráhu Zeme 480 miliónov bronzových ihl, predpokladajúc, že sa prirodzenými mechanizmami roz distributes rovnomerne okolo celej planéty. To sa však nestalo a tento nepodarený pokus nám zanechal mnoho malých vysoko prierazných objektov na obežnej dráhe až do dnešnej doby pod názvom Westford Needles. Najnovšie sa medzi tieto rarity zapísalo aj vypustenie Tesla Roadstera firmou SpaceX v roku 2017, ktorý slúžil ako testovací náklad pre ich raketový nosič. Tento kus odpadu však skončil až na obežnej dráhe okolo Slnka a opätovne sa priblíži do blízkeho okolia Zeme približne v roku 2091.

Kumulovanie veľkého počtu objektov a fragmentov môže v konečnom dôsledku v danom regióne viesť až k nekontrolovateľnej situácii, ktorú nazývame Kesslerov syndróm. V roku 1978 vyslovil americký astrofyzik Donald J. Kessler teóriu o tom, že existuje limitný počet objektov na nízkych dráhach. Pri dosiahnutí privysokkej hustoty populácie by prípadná zrážka dvoch telies mohla spôsobiť nezastaviteľnú kaskádovitú reakciu množstva ďalších zrážok. Takáto reťazová reakcia by mohla v regióne nízkych dráh ochromiť veľkú časť funkčných satelitov a na dlhý čas znemožniť ich využitie.

Najlepším riešením je prevencia

Napriek tomu množstvo nových misií štartujúcich na obežnú dráhu okolo Zeme v priebehu rokov konštantne rástlo. V dnešnej dobe však vidíme prudké zrýchlenie hlavne na najnižších dráhach. Primárnym záujmom výskumu

kozmickeho odpadu je udržať túto turbulentnú populáciu stabilnú, aby nedochádzalo ku katastrofickým zrážkam a znefunkčneniu aktívnych misií. Na to potrebujeme určovať presné polohy a dráhy objektov kozmickeho odpadu a udržovať ich katalógy aktuálne. Vďaka nim existuje aj systém včasného varovania. Ten má za cieľ predpovedať potenciálne zrážky, ktoré by vytvorili tisíce nových úlomkov, a upozorniť na ne operátora satelitov. Takýto prístup však možno uplatniť iba pri funkčných satelitoch s dostatkom paliva na daný manéver. Pre nefunkčné objekty kozmickeho odpadu treba zvoliť iné prístupy. Prvým krokom je prevencia už počas funkčného obdobia života objektu. V snahe znížiť riziko zrážok alebo fragmentácie satelitov a nosných rakiet boli prijaté medzinárodné dohody, ktoré určujú výrobcom a operátorom, v akom stave a na akej dráhe je možné teleso zanechať po skončení jeho misie. Tieto normy napríklad prikazujú vypustenie prebytočného paliva z nosných rakiet po dosiahnutí finálnej orbity, aby sa zabránilo ich explózií, alebo umiestnenie nosičov na dráhy, ktoré objekt v čo najkratšom možnom čase navedú do atmosféry Zeme. Takisto definujú koncové dráhy pre vysoké geostacionárne dráhy, kam objekt umiestnia na konci jeho misie.

Pomôcť by mohli siete či harpúny

Ak však k znefunkčneniu prišlo nečakane počas „života“ satelitu, ten ostáva na svojej dráhe ako nekontrolovateľné mŕtve bremeno. Takýmto príkladom je satelit Envisat, ktorý ESA do kozmu vypustila v roku 2002. Jeho primárnym cieľom bolo pozorovanie Zeme a zbieranie ďalších dát pre klimatické štúdie v rámci programu Európsky satelit diaľkového snímania (angl. European Remote-Sensing Satellite). Táto misia sa však nečakane predčasne skončila, keď po vyše 10 rokoch operátori stratili kontakt s ovládaním satelitu. Nefunkčný Envisat sa odvtedy neaktívne pohybuje v oblasti s najvyššou koncentráciou objektov. Podľa výpočtov sa do tesnej blízkosti 200 metrov k Envisatu dostanú priemerne dva kompaktné objekty za rok. Preto sa tento satelit považuje za horúceho kandidáta na zneškodnenie a momentálne sa intenzívne pracuje na plánovaní misie, ktorá by ho dokázala odstrániť z obežnej dráhy. Takéto misie

nazývame misiami aktívneho odberu odpadu (angl. Active Debris Removal). ESA paralelne študuje niekoľko mechanizmov zachytávania, aby sa minimalizovalo riziko misie. Prvým návrhom sú vrhacie siete, ktoré majú výhodu škálovateľnosti – dostatočne veľká sieť dokáže zachytiť čokoľvek bez ohľadu na veľkosť a prístup k cieľu. Robotické rameno s úchopom má schopnosť zachytiť vystupujúce komponenty na povrchu alebo iné výčnelky na kozmickej lodi. Ďalšou možnosťou sú harpúny. Tie nie sú ovplyvnené tvarom cieľu a zároveň môžu byť schopné operovať aj z väčšej vzdialenosti než ostatné mechanizmy, avšak s rizikom vytvorenia drobných úlomkov.

Explózia prinesie viac škody ako úžitku

Veľmi nešťastným príkladom demonštrácie zneškodnenia telesa na orbite sú tzv. antisatelitné testy (ASAT). Počas nich sa vystrelí balistická strela typu zem-vzduch na presnú dopredu vypočítanú polohu, kde by sa mala stretnúť s cieľovým satelitom. Spôsoby eliminácie sú dva: buď raketa priamo trafi satelit, alebo exploduje krátko pred stretom a explózia satelit zničí. Naposledy tento pokus uskutočnila India v roku 2019, keď sa pokúsila odpratať vlastný satelit na veľmi nízkej dráhe. Výsledky jej snažení možno považovať za úspech – minimálne v porovnaní s čínskym testom z roku 2007. Ten sa uskutočnil vo výške 865 kilometrov a vyprodukoval oblak fragmentov s približne 3000 objektmi, ktorý môže zotrvať vo vesmíre po celé desaťročia. Indická demonštrácia vyprodukovala len 400 fragmentov, z ktorých bolo asi 270 sledovaných a väčšina z nich už aj klesla a zanikla v atmosfére. Vo všeobecnosti sa však tento typ testov nedá použiť vo veľkom meradle, keďže je jeho vedľajším efektom vytvorenie veľkého množstva drobných úlomkov. Populácia na všetkých typoch zemských obežných dráh neustále rastie a s ňou rastie aj riziko zrážok a kumulácie malých fragmentov, ktoré môžu ďalej spôsobovať katastrofálne reťazové reakcie. Výskum kozmickeho odpadu sa zaoberá zberom a podrobnou analýzou nevyhnutných dát, potrebných pre navrhnutie systémov a protokolov, ktoré zabezpečia stabilnú situáciu v turbulentnom blízkozemskom prostredí.