

Nebesne smeti

Mirko Kokole

Živimo v času digitalnih informacij in si sveta brez njih ne znamo več predstavljati. Zelo pomemben del današnje komunikacijske in informacijske mreže so tudi sateliti, ki krožijo okoli Zemlje. Aktivnih satelitov je danes približno 4.550. Njihovo število strmo narašča, predvsem zaradi komunikacijskih satelitov v nizki Zemljini orbiti, ki jih je že skoraj 3.800. Vesoljska tehnologija nam prinaša že skorajda neverjetne možnosti komunikacij, napredka znanosti ter poznavanja našega planeta in njegove okolice. Le malokrat pa pomislimo, kako ves ta tehnološki razvoj vpliva na nas in našo okolico. Vsaka izstrelitev v orbito pusti za seboj poleg satelita tudi številne smeti, kot je na primer zadnja stopnja pogonske rakete. Sateliti imajo tudi končno življenjsko dobo in po določenem času tudi sami postanejo del nebesnih smeti. Ker se število izstreljenih satelitov predvsem zaradi komercializacije vesolja strmo povečuje, je prav, da ob tem pomislimo tudi na vse smeti, ki ob tem nastajajo. Vprašanje nebesnih smeti je zelo zapleteno. Poleg tehnoloških izzivov predstavljajo predvsem geopolitični in pravni problem in prav ta je najtežje rešljiv.

Ko govorimo o nebesnih smeteh, imamo v mislih vse predmete, ki jih v vesolju pusti človek. Med njih štejemo odslužene satelite in njihove dele ter dele pogonskih raket, ki so jih ponesle v orbito. Smeti so tudi ostanki vesoljskih postaj. Nekaj kosov, kot so zobna ščetka, rokavica ter nekaj ročnega orodja, so izgubili tudi astronauti. Najbolj pomembne in tudi najštevilnejše nebesne smeti pa so deli satelitov ter pogonskih raket, ki so v orbiti razpadli, eksplodirali ali nastali ob trkih. Zavedati se moramo, da lahko že majhna milimetrska nebesna smet povzroči ogromno škodo, saj okoli Zemlje kroži z izjemno veliko hitrostjo in ima kljub

majhni masi veliko kinetično energijo.

Problema vesoljskih smeti so se zavedali že ob samem začetku pošiljanja satelitov v Zemljino orbito. Zato so že kmalu po izstrelitvi *Sputnika* začeli slediti predmetom, ki jih je v vesolje poslal človek. Danes sledimo že več kot petindvajset tisoč predmetom, ki so večji od desetih centimetrov. V začetnih obdobjih osvajanja vesolja je predmetom sledila predvsem vojska, kasneje so to prevzele tudi civilne oblasti. Pomembnost sledenja predmetov je pokazala tudi zelo vplivna študija, ki jo je leta 1978 opravil znanstvenik Donald J. Kessler. V njej opisuje scenarij, po katerem se število objektov (smeti) v vesolju začne hitro povečevati zaradi medsebojnih trkov. Ob takem scenariju bi lahko določeni deli vesolja okoli Zemlje postali popolnoma nedostopni satelitom. To bi povzročilo popolni razpad satelitskih komunikacij. Študija je imela kasneje tudi pomembni vpliv pri izvajanju protisatelitskih poskusov. Pri teh so z Zemlje poskusili uničiti satelite. Poskuse so izvedle Združene države Amerike, Rusija, Kitajska in Indija in s tem povzročile na tisoče novih vesoljskih smeti. Zelo kmalu so jih vse države opustile, saj so se zavedale, kako uničujoče posledice bi to lahko imelo.

Smeti v vesolju

Ob vedno večjem zavedanju problema, ki ga povzročajo vesoljske smeti, so se inženirji in znanstveniki začeli ukvarjati, kako njihovo število nadzorovati oziroma zmanjšati. Pri tem moramo ločiti dve območji, kjer se nahaja največje število satelitov. Prvo območje je območje geosinhronih orbit (GEO, tudi GSO). V tem območju sateliti potujejo usklajeno z vrtenjem Zemlje. Posebna vrsta geosinhronne orbite je geostacionarna orbita, kjer satelit kroži tako, da je za opazovalca na Zemlji videti vedno na istem delu neba. Geosinhronne orbite se nahajajo na višini

35.786 kilometrov nad Zemljinim površjem. Satelitov v tem območju ne moremo več vrniti na Zemljo, zato so inženirji določilo tako imenovano pokopališko orbito, ki se nahaja na nekoliko večji višini. Danes morajo v pokopališko orbito vsi sateliti, ki ne delujejo več. Nekaj starejših nedelujočih satelitov je seveda ostalo v geosinhronih orbitah, saj niso imeli več možnosti spremeniti orbite. Pokopališka orbita ni najboljša dolgoročna rešitev, ker na nedelujoče satelite ter njihove ostanke še vedno delujejo perturbacije gravitacijske sile Zemlje in Lune, svetlobni tlak ter pritisk mikrometeorjev iz vesolja. Vsi ti elementi delujejo zelo počasi, a vseeno lahko v stoletjih in tisočletjih počasi iztirijo satelit ter ga prestavijo v območje aktivnih satelitov.

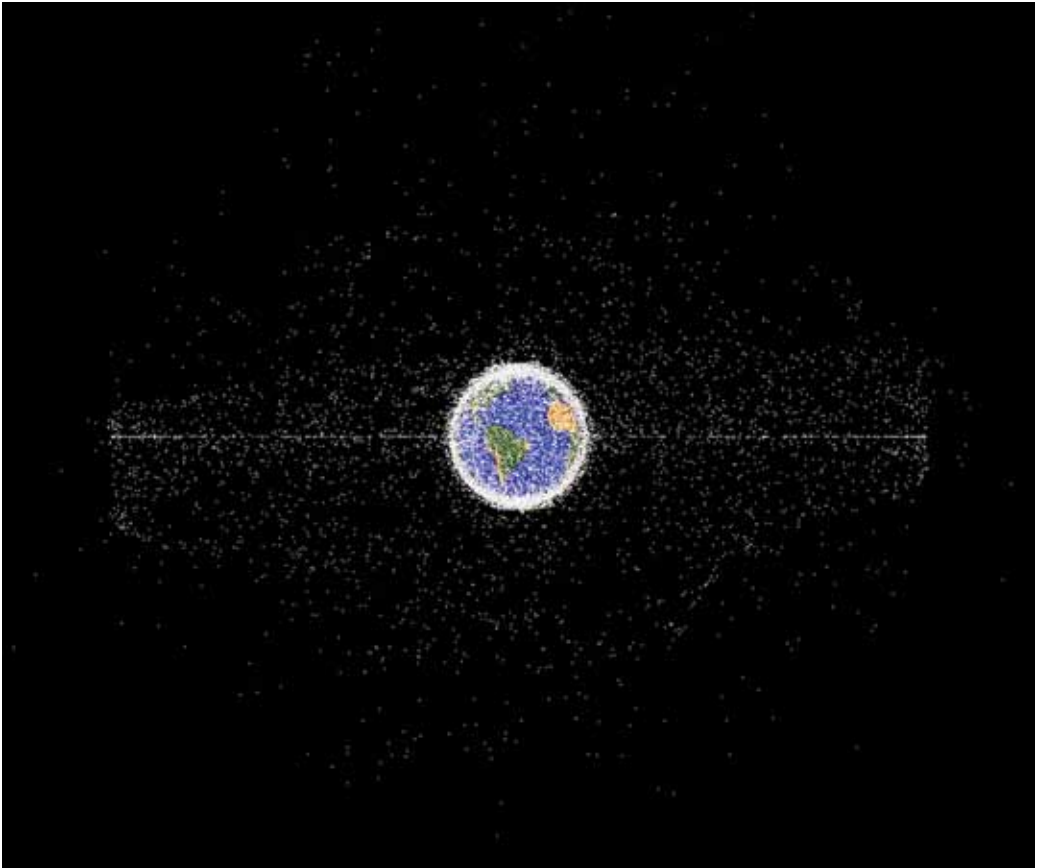
Drugo pomembno območje je nizka Zemljina orbita (NZO) (Low Earth Orbit, LEO). To območje se nahaja na višini od 160 do 2.000 kilometrov nad povprečno Zemljino površino. Trenutno je to najbolj obremenjeno območje vesolja. V nizko Zemljino orbito danes pošiljajo večino novejših komunikacijskih satelitov, kot je na primer sistem satelitov *Starlink*, ki bo, ko bo popolnoma vzpostavljen, vseboval kar 12.000 satelitov. Danes v nizki Zemljini orbiti sledimo okoli 25.000 objektom (smetem), večjih od deset centimetrov. Ocenjeno število smeti, ki so veliki od enega do deset centimetrov, je približno pol milijona. Vse te smeti že danes močno ogrožajo nizko Zemljino orbito in nekateri znanstveniki celo trdijo, da se že kažejo prvi znaki *Kesslerjevega sindroma*. Zato je zelo pomembno, da v tem območju puščamo čim manj smeti. To naredimo tako, da satelit, ki ni več v uporabi, iztirimo. Nato pa ta počasi pade proti Zemlji, kjer večinoma izgori v Zemljinem ozračju. Padci izrabljenih satelitov ter njihovih pogonskih raket so lahko nadzorovani ali nenadzorovani. To pomeni, da v prvem primeru padcev vsaj približno določimo, kam na Zemlji bo predmet padel. V drugem primeru pa lahko predmet pade tudi na poseljena območja.

Vesoljske agencije sedaj aktivno preučujejo in iščejo tudi načine, kako bi predvsem nizko Zemljino orbito počistili. Trenutno poteka več raziskovalnih projektov, kot na primer *ClearSpace-1*, ki ga vodi Evropska vesoljska agencija (ESA), in ELSA-d, ki ga vodi NASA (slovensko Nacionalna zrakoplovna in vesoljska uprava).

Smeti nam padajo na glavo

Kljub temu, da je bil problem nadzorovanih in nenadzorovanih padcev nebesnih smeti na Zemljo že dolgo znan, pa se je o njem do nedavnega le malokrat govorilo. Na njega je skupina astronomov ponovno opozorila v nedavni številki revije *Nature Astronomy*. V študiji so prikazali statistične verjetnosti, da pride do žrtev ali škode zaradi nenadzorovanega padca nebesne smeti na Zemljo. Njihove ugotovitve sicer niso presenetljive, so pa zelo pomenljive. Ugotovili so, da se območja, kjer je večja verjetnost, da pride do žrtev oziroma škode, nahajajo predvsem v gospodarsko revnejših državah. Tako države, ki pošiljajo satelite v vesolje, izvažajo nevarnosti drugam in kljub temu, da je vsaka država odgovorna za škodo, ki jo povzročijo padci njenih smeti, le redko pride do povračila škode. Ugotavljajo tudi, da so kljub pravilom, ki bi verjetnosti za škodo zmanjšale, predvsem Združene države Amerike večkrat uveljavljale izjemo predvsem na podlagi previsokih stroškov. Članek avtorji zaključujejo z ugotovitvijo, da danes ni več tehničnih ovir, da ne bi bili vsi padci ostankov izstrelitev nadzorovani in ne bi ogrožali ljudi in njihovega premoženja. Prav tako predlagajo boljšo zakonodajo, ki bi predvsem zaradi hitre komercializacije vesoljskih odprav obravnavala tudi odgovornost za vse smeti, ki pri tem nastajajo.

Po vsem opisanem moramo vsi dobro premisliti, kam nas tehnološki napredek pelje, in predvsem, kako lahko pravočasno ukrepamo, da ne bomo tudi v vesolju povzročili ekološke katastrofe.



Schematski prikaz nebesnih smeti v geosinhroni in nizki Zemljini orbit. Večina prikazanih predmetov so smeti, kot so nedelujoči sateliti oziroma deli razpadlih satelitov. Trenutno sledimo več kot 25.000 predmetom, ki so večji kot deset centimetrov in pomenijo veliko nevarnost za delujoče satelite in druge vesoljske odprave.

Foto: NASA ODPO.



Ostanek pogonskega rezervoarja rakete, ki je na Zemljo padel v Južni Afriki. Nedavna študija, objavljena v reviji Nature Astronomy, ugotavlja, da so gospodarsko revnejše države južne poloble bistveno bolj obremenjene z verjetnostjo, da bo prišlo do žrtev ali škode zaradi nenadzorovanega padca nebesnih smeti. Zato bi bilo prav, da se sprejmejo mednarodni dogovori, kako izvajati izstrelitve raket in kdo prevzema odgovornost za škodo, ki lahko pri tem nastane.

Foto: Enver Esop / ESA.