

Satelitní měření gravitace Měsíce ověřila platnost dlouhodobě používaného matematického postupu

15.11.2022 - Pavel Korelus | Západočeská univerzita v Plzni

Michal Šprlák z katedry geomatiky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni a profesor Shin-Chan Han z australské University of Newcastle se po výzkumu hustoty kůry a gravitačního pole Měsíce podíleli na dalším projektu, který se týká nejbližšího vesmírného souseda planety Země.

Unikátní data družicové mise GRAIL (Gravity Recovery And Interior Laboratory), která s nebyvalou podrobností a přesností mapovala gravitační pole Měsíce v roce 2012, jim posloužila při hledání odpovědi na otázku: Je dlouhodobě používaný matematický postup určování parametrů gravitačního pole správný?

„Gravitační pole je základní fyzikální veličinou reflektující stav planetárních těles. Jeho znalost je nepostradatelná v řadě aplikací, jako například při realizaci planetárních referenčních systémů na určování polohy a předpovídání drah umělých družic, studiu vnitřních struktur, povrchových procesů a tepelného vývoje planetárních těles, při detekci transportu hmot pro pochopení změn klimatu a mechanismů přírodních rizik nebo při navigaci pozemních a vesmírných vozidel v dopravě, civilním a vojenském výzkumu,“ vysvětluje Michal Šprlák.

Na formulaci nejpoužívanějšího matematického postupu určování parametrů gravitačního pole, založeného na takzvaném vnějším rozvoji do řady sférických harmonických funkcí, se už před dvěma sty lety podíleli velikáni vědy. *„Tento oblíbený matematický aparát byl vyvíjen již od 18. století a na jeho formulaci mají zásluhu například Pierre-Simon Laplace (1749-1827) nebo Adrien-Marie Legendre (1752-1833). V geodézii, geofyzice a planetárních vědách se začaly tyto sférické harmonické řady, jež jsou vlastně zobecněním Fourierových řad na kouli, prakticky používat až s příchodem družic v šedesátých letech 20. století. Koeficienty tohoto rozvoje byly postupně odhadnuty pro gravitační pole Země, Měsíce, Marsu a jiných planetárních těles, a jsou dostupné na webových stránkách Mezinárodního centra pro globální modely Země (International Centre for Global Earth Models),“* pokračuje Michal Šprlák.

Aby bylo možné si metodu lépe představit, je třeba si ve středu libovolného hmotného tělesa zvolit počátek – bod 0, mezi ním a nejvzdálenějším bodem na povrchu tělesa určit vzdálenost R_B (viz fotogalerii), a celé těleso tím uzavřít do opsané koule s poloměrem R_B . „Základním předpokladem vnějšního rozvoje do řady sférických harmonických funkcí je jeho platnost pouze vně opsané koule. Paradoxně se však tento rozvoj používá zcela rutinně při výpočtech veličin gravitačního pole i uvnitř opsané koule bez uvážení jakýchkoli oprav. Oprávněnost této teoreticky nekorektní praxe byla aktivně studována po několik desetiletí v řadě matematických, geodetických i geofyzikálních příspěvků a odborných monografií, jejichž závěry jsou často nejednoznačné a dokonce si někdy i odporují,“ vysvětluje Michal Šprlák, proč bylo třeba metodu prověřit.

Dvojice družic GRAIL, jejichž data vědci použili, obíhala v závěrečné fázi mapování extrémně nízko kolem Měsíce, jen několik kilometrů nad povrchem, a oscilovala v prostoru nad a pod koulí opsanou s poloměrem 1748,2 kilometrů. Měsíc oběhla přibližně každých 120 minut.

Měření gravitace uvnitř koule se od hodnot gravitace vypočtených vnějším rozvojem do řady

sférických harmonických funkcí výrazně lišilo, a vědci tak mohli jednoznačně potvrdit, že použití vnějšího rozvoje uvnitř opsané koule může vést k systematicky chybným výsledkům. „Experimentální data nám ukázala, že zažitá matematická parametrizace globálního gravitačního pole založené na vnějším rozvoji do řady sférických harmonických funkcí nemusí být korektní. Pokud je nám známo, družicová mise GRAIL je vůbec prvním gravitačním senzorem v historii, který pomohl vyřešit dlouholetou otázku spíše teoretického charakteru,“ dodává Michal Šprlák.

Výsledky výzkumu publikovali autoři v prestižním časopise Earth-Science Reviews ve vědecké studii On the use of spherical harmonic series inside the minimum Brillouin sphere: Theoretical review and evaluation by GRAIL and LOLA satellite data (O použití sférických harmonických řad uvnitř minimální Brillouinovy koule: teoretický přehled a zhodnocení pomocí satelitních dat GRAIL a LOLA). O svých závěrech rovněž informovali vědeckou komunitu na mezinárodní konferenci 10th Hotine-Marussi Symposium v Miláně a na 44. generálním shromáždění Komise pro vesmírný výzkum (Committee for Space Research) v Aténách. Autoři také plánují prezentovat tyto zásadní poznatky na 28. generálním shromáždění Mezinárodní unie geodetické a geofyzikální (International Union of Geodesy and Geophysics) v roce 2023 v Berlíně.

Studii podpořil projekt č. 21-13713S Grantové agentury České republiky.

<https://info.zcu.cz/clanek.jsp?id=4910>