

PŘÍSPĚVEK ČESKÉHO ANALYTICKÉHO CENTRA DORIS PRO TVORBU ITRF2020

CZECH DORIS ANALYSIS CENTER CONTRIBUTION TO ITRF2020 GENESIS

Petr Štěpánek¹, Vratislav Filler

Abstrakt

Analytické centrum na Geodetické observatoři Pecný (GOP) je jedním z analytických center Mezinárodní služby DORIS (IDS). GOP se plnohodnotně podílelo na IDS kombinaci pro ITRF2020, při dosažení řady změn ve srovnání se zpracováním pro ITRF2014. Byla zpracována DORIS data z období 1993.0-2021.0. Časově proměnlivý model gravitačního pole Země a sub-denní model pohybu pólu byly nahrazeny posledními verzemi. RINEX data byla zahrnuta stejně jako měřená orientace satelitů Jason-2 a Jason-3, přičemž data ze satelitu Jason-1 byla zcela vyloučena vzhledem k citlivosti na vliv Jihoatlantické anomálie. Ve srovnání se zpracováním dat pro ITRF2014 byla strategie zpracování zdokonalena a přesnost řešení zvýšena.

Abstract

Geodetic Observatory Pecný (GOP) analysis center is one of the International DORIS Service (IDS) analysis centers. GOP fully contributed to the IDS combination of ITRF2020, including various changes in comparison to the ITRF2014 reprocessing. The DORIS Data from 1993.0 to 2021.0 has been processed. The time-variable gravity field model and pole sub-daily model has been updated to the recent standards. RINEX data were included as well as a measured attitude for Jason-2 and Jason-3 satellites, while Jason-1 data were completely excluded due to the South Atlantic Anomaly sensitivity. In comparison to the ITRF2014 reprocessing, the processing strategy has been upgraded and the accuracy of the solution significantly improved.

Klíčová slova

GOP, DORIS, IDS, ITRF2020, RINEX

Keywords

GOP, DORIS, IDS, ITRF2020, RINEX

1 Úvod

DORIS (Doppler Observations and Radiopositioning Integrated by Satellite) je jedním ze satelitních systémů kosmické geodezie, a jednou ze čtyř oficiálních technik IERS (International Earth Rotation Service). Jeho podstatou jsou Dopplerovská či nověji fázová měření mezi satelity a pozemními stanicemi, přičemž na rozdíl od systémů GNSS (Global Navigation Satellite System) jsou vysílači signálů radiomajáky na pozemních stanicích a přijímače jsou palubními instrumenty družic. Kosmický segment systému tvoří měnící se konstelace satelitů (v současné době 7) na výrazně nižších drahách než družice systémů GNSS (výška 700-1300 km). Jedná se o družice, osazené větším množstvím instrumentů, jako například altimetr nebo

¹ Petr Štěpánek, Ing., Ph.D., Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i., pracoviště GO Pecný, Ondřejov 244, Česká republika, e-mail: petr.stepanek@pecny.cz

GNSS přijímač. Pozemní segment tvoří cca 60 stanic distribuovaných rovnoměrně po celém světě a všech kontinentech včetně Antarktidy.

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický provozuje analytické centrum DORIS GOP (geodetical observatory Pecný) DORIS v rámci mezinárodní služby IDS (International DORIS Service). Toto centrum zpracovává DORIS data a určuje z nich časové řady souřadnic pozemních stanic, parametrů rotace Země a přesné dráhy družic. Jednou z aktivit analytického centra je podíl na tvorbě IDS kombinovaného řešení, soužící jako jeden z podkladů pro tvorby nové realizace mezinárodního referenčního rámce ITRF.

2 Kombinace IDS

Kombinované řešení IDS je distribuováno ve formě týdenních souborů formátu SINEX (Software Independent Exchange), obsahujících systém normální rovnic nebo kovarianční matici a hodnoty určovaných parametrů. Ve stejném formátu jsou předávána i řešení jednotlivých analytických center IDS, jejichž kombinací následně řešení IDS vzniká. Tabulka 1 shrnuje údaje analytických center, podílejících se na tvorbě kombinace pro ITRF2020. Oproti tvorbě ITRF2014 klesl jejich počet o dvě, jelikož francouzské centrum IGN a ruské centrum INA nebyla schopna vytvořit řešení splňující náročně stanovené standardy. Na kombinaci se tentokrát proto podílela jen čtyři centra, z nichž je naše centrum jediné, které za sebou nemělo institucionální podporu velké kosmické agentury.

Tab. 1 Analytická centra IDS podílející se na tvorbě ITRF2020.

Zkratka	Instituce	Stát	Software
ESA	Kosmická agentura ESA	Mezinárodní	NAPEOS
GOP	VÚGTK	Česká republika	BERNESE
GRG	Kosmická agentura CNES a společnost CLS	Francie	GINS
GSC	Kosmická agentura NASA	USA	GEODYN

3 Charakteristiky řešení analytického centra GOP

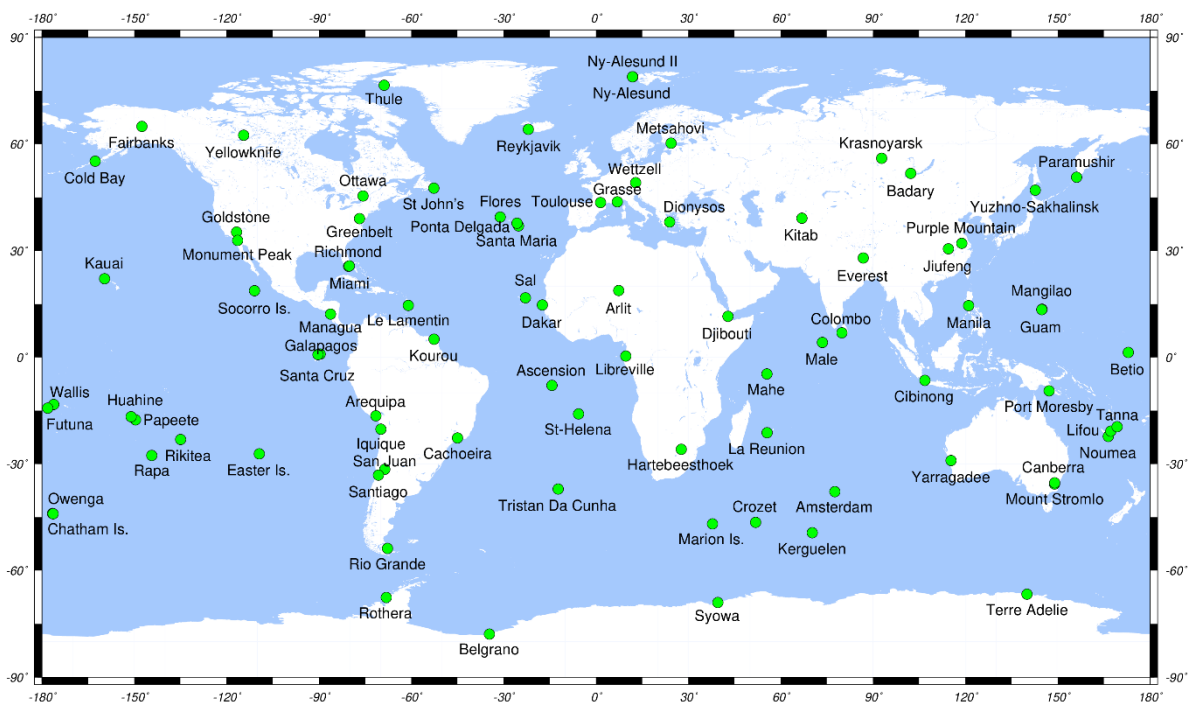
Zpracována byla veškerá data DORIS z období 1993.0-2021.0, s výjimkou dat satelitu Jason-1, vysoce zatížených vlivem Jihoatlantické magnetické anomálie [1]. Standardy řešení doznaly od minulé verze ITRF2014 řady změn. Především nebyla zpracovávána pouze Dopplerovská data, ale i fázová/kódová měření ve formátu RINEX (Receiver Independent Exchange Format). Pro satelity vybavené přijímači třetí generace (DGXX receivers) jsou data v dispozici v obou formátech, pro satelit Sentinel-3A a novější je pak podporován pouze RINEX, Dopplerovské soubory nejsou k dispozici. Standardem našeho řešení je pak zpracování měření ze souboru RINEX pro všechny satelity, kde jsou data v tomto formátu k dispozici. Na rozdíl od Dopplerovských souborů jsou v RINEXu k dispozici přímo měření na obou frekvencích (není závislost na předem provedené ionosférické korekci z datového souboru) a je k dispozici i měření pseudovzdáleností na stanicích osazených atomovými hodinami (time reference beacons), umožňující výpočet parametrů vlastního modelu chodu družicových hodin.

Další významné rozdíly oproti řešení pro ITRF2014 jsou následující:

- Nezávislost na indikátoru kvality měření z datových souborů
- Nezávislost na korekci orientace satelitu z datových souborů
- Nižší váha observací na nízkých elevacích

- Nižší elevační maska (10°)
- Určování empirických harmonických parametrů ve směru kolmém na rovinu dráhy
- Přesnější model fázového centra pozemní antény Alcatel
- Novější model dynamického gravitačního pole Země
- Novější model sub-denního pohybu pólu rotace
- Novější model oceánských slapů
- Přímé měřené orientace satelitů Jason-2 a Jason-3
- Zahrnutí dat satelitů Saral, Jason-3, Sentinel-3A a Sentinel-3B
- Sofistikovanější algoritmus vyhledávání odlehklých hodnot měření
- Opravené hodnoty excentricity přijímače satelitu Hy-2A

Geografickou distribuci stanic DORIS, jejichž data byla do kampaně zahrnuta, ilustruje Obr. 1 podle [2]



Obr. 1 Geografická distribuce DORIS stanic zahrnutých v kampani.

4 Srovnání charakteristik řešení analytického centra GOP pro ITRF2014 a ITRF2020

V řadě statistických charakteristik řešení jsme dosáhli výrazného zlepšení oproti řešení pro ITRF2014. Procentuální snížení opakovatelnosti týdenních souřadnic a směrodatných odchylek týdenních hodnot určených veličin je zahrnuto v tabulce 2. U měřítka, translačních parametrů T_x , T_y a T_z a souřadnic po transformaci jsou směrodatné odchylky vztaženy k průměru za dané období (u souřadnic navíc se zahrnutím lineární změny a skokových změn). U souřadnic pólu X_p , Y_p jsou směrodatné odchylky vztaženy k průměrným rozdílům od referenčního modelu IERS C04. Srovnávané období je rozděleno na 3 časové úseky, kdy dělicí epochou je počátek časové řady dat z přijímače druhé, respektive třetí generace.

Z uvedených hodnot je zřejmé výrazné zkvalitnění řešení pro ITRF2020 ve srovnání s předchozím řešením ITRF2014, zejména pak pro období od roku 2008 se zahrnutím dat z přijímačů třetí generace.

Tab. 2 Procentuální snížení směrodatných odchylek určovaných veličin v řešení ITRF2020 oproti řešení ITRF2014. Kladné hodnoty znamenají snížení, záporné zvýšení.

Období/veličina	Souřadnice	měřítko	Tx	Ty	Tz	Xp	Yp
001/91-167/02	-1 %	10 %	0 %	18 %	-4 %	11 %	15 %
168/01-230/08	9 %	22 %	2 %	12 %	4 %	8 %	9 %
231/08-001/15	26 %	71 %	26 %	38 %	19 %	39 %	39 %

5 Závěr

Podíl analytického centra DORIS na kombinaci pro ITRF2020 je unikátním příspěvkem České republiky k tvorbě mezinárodního referenčního rámce a jednou z mála aktivit kterými se domácí odborníci podílí na globální geodezii. Oproti příspěvku do kombinace pro ITRF2014 bylo naše řešení podstatně zpřesněno v rámci širokého spektra aplikovaných modelů a výpočetní strategie.

Literatura

- [1] Capdeville H., Štěpánek P., Hecker L., et al. (2016). Update of the corrective model for Jason-1 DORIS data in relation to the South Atlantic Anomaly and a corrective model for SPOT-5. *ADVANCES IN SPACE RESEARCH*, 58(12):2628-2650
- [2] Štěpánek, P., Hugentobler, U., Filler V, Moreaux G. The GOP Analysis Center DORIS contribution to ITRF2020. V přípravě pro *ADVANCES IN SPACE RESEARCH*

Recenzováno: 19. 1. 2022