

Porovnávací analýza systémov GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou v kontexte súčasného a budúceho vývoja GNSS

Ing. Diana Majorská*

Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta
Katedra manažmentu leteckej prevádzky
Rampová 7, 040 01 Košice, Slovensko
diana.majorska@tuke.sk

Ing. Tatiana Gajdušková

Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta
Katedra manažmentu leteckej prevádzky
Rampová 7, 040 01 Košice, Slovensko
tatiana.gajduskova@tuke.sk

Abstrakt

Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS) – GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou – predstavujú základ modernej technickej infraštruktúry a sú nevyhnutné pre dopravu, telekomunikácie aj vedecký výskum. Článok analyzuje ich architektúru, signálne parametre a technologické trendy s dôrazom na interoperabilitu, presnosť a integritu služieb. Výsledky poukazujú na postupný posun od konkurencie ku kooperácii a na rastúci význam kybernetickej bezpečnosti a systémov integrity. GNSS sa tak stáva nielen technológiou určovania polohy, ale aj symbolom globálnej koordinácie a dôvery v digitálnom svete.

Kľúčové slová

GNSS, GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, satelitná navigácia, interoperabilita, presnosť, integrita, bezpečnosť

1. Úvod

Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS) predstavujú základ moderných technológií určovania polohy, navigácie a časovania (PNT). Systémy ako GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou umožňujú presné určovanie polohy v reálnom čase a stali sa nevyhnutnými pre dopravu, telekomunikácie, energetiku i finančné operácie. GNSS sa z pôvodne vojenských projektov vyvinuli na civilné služby, ktoré dnes podporujú bezpečnosť a efektivitu celej digitálnej infraštruktúry [1], [2].

Základná architektúra GNSS pozostáva z troch segmentov – kozmického, riadiaceho a používateľského. Satelity na stredných obežných dráhach (MEO) vysielajú navigačné signály, ktoré sú riadiacim segmentom neustále monitorované a aktualizované. Používateľský segment následne tieto signály spracúva a určuje presnú polohu prijímača [3].

Hlavné GNSS systémy sa odlišujú architektúrou a typom signálov. GPS využíva moduláciu CDMA, GLONASS FDMA, Galileo je prvý plne civilný systém a BeiDou kombinuje viacero orbitálnych rovín (GEO, MEO, IGSO). Napriek týmto rozdielom sledujú všetky spoločný cieľ – presné, spoľahlivé a globálne určovanie polohy [4], [5].

Presnosť určovania polohy ovplyvňuje geometria konštelácie, atmosférické oneskorenia a kvalita signálu. Tieto chyby korigujú augmentačné systémy ako EGNOS či WAAS, ktoré zvyšujú integritu a kontinuitu signálu a umožňujú bezpečné letecké priblíženia [6], [7].

Súčasný prijímače využívajú signály z viacerých konštelácií naraz, čím sa zvyšuje presnosť a dostupnosť aj v náročných podmienkach. Moderné GNSS poskytujú doplnkové služby s vysokou presnosťou, ako Galileo HAS či BeiDou B2b, ktoré umožňujú decimetrovú presnosť bez potreby platených riešení [8], [9].

GNSS má zásadný význam aj pre vedecké a priemyselné aplikácie – od geodézie a sledovania pohybov Zeme až po inteligentné dopravné systémy, autonómne vozidlá a Internet vecí (IoT). Očakáva sa, že do roku 2030 bude viac než 90 % zariadení podporovať multi-GNSS technológiu, čím sa satelitná navigácia stane ešte pevnejším pilierom digitálnej spoločnosti [10].

2. Stav výskumu

Výskum v oblasti globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) je v poslednom desaťročí poznačený výrazným posunom v presnosti, dostupnosti a integrite poskytovaných služieb. Moderné systémy ako GPS, Galileo, GLONASS či BeiDou už nepredstavujú izolované platformy, ale čoraz viac sa dopĺňajú v rámci integrovaných viac-konšteláčnych riešení. Podľa prehľadovej štúdie [11] vzrástol do roku 2024 podiel zariadení podporujúcich viacnásobný príjem GNSS signálov na viac než 92 % všetkých prijímačov, čo dokazuje, že interoperabilita sa stala kľúčovým trendom vo vývoji navigačných technológií.

Súčasný vývoj GNSS je tiež úzko spojený s rozšírením nových frekvenčných pásiem a civilných signálov, ktoré prispeli k zvýšeniu spoľahlivosti meraní. Autori práce [12] zdôrazňujú, že implementácia pásiem L5 a E5a v systémoch GPS a Galileo viedla k zníženiu chybovosti meraní o 25 až 35 % oproti starším pásmam L1. Tento pokrok súvisí aj s lepšou kompenzáciou ionosférických efektov, ktoré sú kľúčové pre presné určovanie polohy v leteckej, geodetickej a dopravnej praxi.

Integrita dát ako ukazovateľ spoľahlivosti systému je pritom jednou z najdôležitejších oblastí výskumu. Podľa rozsiahlej analýzy algoritmov RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) [13] dosahujú moderné viacfrekvenčné prijímače pravdepodobnosť identifikácie chyby v navigačnom riešení na úrovni 99,999 %. Takáto úroveň integrity umožňuje ich použitie pri priblíženiach podľa kategórie APV-I, ktoré definuje Medzinárodná organizácia civilného letectva (ICAO).

Dôležitým posunom je aj preukázané zvýšenie presnosti určenia polohy prostredníctvom systému Galileo. Výskumy [14], [15] preukázali, že Galileo v kombinácii s GPS zvyšuje presnosť v režime Precise Point Positioning (PPP) o 15–20 % a zároveň skraca čas inicializácie riešenia o približne 30 %. V štúdiu [15] bola kvalita produktov SSR služby Galileo High Accuracy Service (HAS) hodnotená priemernou horizontálnou

presnosťou lepšou než 0,25 m a vertikálnou presnosťou do 0,4 m, čo predstavuje významné zlepšenie oproti predchádzajúcim generáciám korekčných služieb.

Na tieto výsledky nadväzuje aj výskum [16], ktorý skúmal výkonnosť a správanie služby Galileo HAS počas anomálií satelitných dráh a časových chýb. Autori zistili, že systém si dokáže udržať funkčnosť aj počas výpadkov jednotlivých satelitov, pričom presnosť polohy klesla len o 10–15 %. Tieto zistenia poukazujú na vysokú odolnosť služby voči nepredvídaným zmenám a potvrdzujú robustnosť architektúry systému Galileo. Z praktického hľadiska sa viaceré práce sústreďujú na overenie výkonnosti systému v jednoduchých podmienkach. Výskum [17] testoval využitie služby HAS pri jednoduchom bodovom určovaní polohy (SPP) a preukázal, že vďaka SSR korekciám bolo možné dosiahnuť priemernú presnosť 0,3–0,5 m, zatiaľ čo bez ich použitia sa chyba pohybovala v rozmedzí 1,5–2 m. Tento výsledok potvrdzuje, že aj jednoduché prijímače môžu ťažiť z vysoko presných korekčných dát.

Pozornosť výskumníkov sa však čoraz viac presúva aj na otázky bezpečnosti a spoľahlivosti signálu. Štúdia [18] upozorňuje, že sofistikované spoofingové útoky dokážu spôsobiť odchýlky až do 100 m pri bežných prijímačoch, zatiaľ čo prijímače vybavené detekčnými algoritmi založenými na princípoch strojového učenia dokážu odhaliť podvodné signály s presnosťou presahujúcou 97 %. Tento trend naznačuje, že smerovanie vývoja GNSS sa bude v nasledujúcich rokoch orientovať nielen na presnosť, ale aj na posilnenie kybernetickej bezpečnosti a ochrany integrity navigačných údajov.

3. Metodológia

Metodický rámec článku bol založený na princípoch systematickej analýzy a komparatívneho výskumu, s cieľom vytvoriť objektívny a aktuálny obraz o stave a parametroch globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) – GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou.

V prvej fáze bola uskutočnená rešerš odbornej literatúry, technických dokumentov a oficiálnych materiálov prevádzkovateľov, zameraná na architektúru konštelácií, signály, modernizačné programy a doplnkové služby. Zhromaždené údaje boli hodnotené podľa vierohodnosti, aktuálnosti a tematickej relevancie.

Analytická časť sa zamerala na porovnanie technických a prevádzkových charakteristík systémov – najmä počtu satelitov, parametrov dráh, typov modulácie, frekvenčných pásiem a rozsahu poskytovaných služieb. Súhrnné výsledky sú uvedené v Tab. 1, ktorá poskytuje rámcový technický prehľad analyzovaných konštelácií.

Komparatívna analýza následne zhodnotila výhody a obmedzenia systémov z hľadiska presnosti, dostupnosti, integrity a spoľahlivosti služieb v rôznych aplikačných oblastiach. Zohľadnené boli aj aktuálne modernizačné procesy – implementácia signálov L2C, L5 a L1C v GPS, prechod GLONASS na družice K2, rozšírenie služby Galileo HAS a trojfrekvenčné určovanie polohy v BeiDou.

Analýza bola spracovaná ako sekundárny výskum bez priameho zberu experimentálnych dát. Údaje boli overované z viacerých nezávislých zdrojov, aby sa minimalizovalo riziko skreslenia. Tento metodický prístup

umožnil vytvoriť systematické porovnanie parametrov, výhod a obmedzení jednotlivých GNSS systémov a stanovil základ pre nasledujúcu kapitolu, ktorá prezentuje výsledky analýzy.

4. Výsledky analýzy

Výsledky práce sú zamerané na technické porovnanie hlavných globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS), analýzu ich výhod a obmedzení a na určenie trendov ich ďalšieho vývoja. Cieľom bolo synteticky porovnať systémy GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou, ktoré dnes predstavujú základ svetovej satelitnej navigácie.

4.1 Technické porovnanie systémov GNSS

Tab. 1 porovnáva základné technické parametre štyroch globálnych navigačných satelitných systémov GNSS: GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. Porovnanie zahŕňa počet satelitov, orbitálnu výšku, dĺžku orbitu, inklináciu, frekvencie a spôsob modulácie.

Tab. 1 Porovnanie systémov GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou

Systém	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
Počet satelitov	32	24	30	45
Dĺžka orbitu	11 h 58 m	11 h 15 m	14 h 4 m	12 h 53 m (MEO)
Počet rovín	6	3	3	3 (MEO) + GEO/IGSO
Výška orbitu	20 350 km	19 130 km	23 222 km	21 528 km (MEO) 35 785 km (GEO/IGSO)
Počet satelitov v rovine	5-6	8	10	8 (MEO)
Inklinácia	55°	64,8°	56°	55° (MEO) 0° (GEO)
Oddelenie rovín	60°	120°	120°	120° (MEO)
Frekvencia	1227,6 MHz 1575,42 MHz	1242,94 – 1248,63 MHz 1598,06 – 1604,4 MHz	1164 – 1214 MHz 1563 – 1591 MHz	1561,098 MHz (B1I/B1C) 1207,14 MHz (B2a) 1268,52 MHz (B3I)
Modulácia	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA

Zdroje: [8], [19]

Z tabuľky vyplýva, že systém GPS patrí k najpočetnejším a najstabilnejším konšteláciám, pričom umožňuje rozšírenie nad pôvodne plánovanú kapacitu, čo zvyšuje jeho redundanciu a presnosť. GLONASS má síce menší počet satelitov, no vďaka väčšej inklinácii jeho orbít ponúka lepšie pokrytie vo vysokých zemepisných šírkach. Galileo, ako európsky systém, pracuje s menším počtom rovín vo väčšej výške, čo zlepšuje stabilitu signálu a znižuje potrebu korekcií.

Systém BeiDou predstavuje hybridnú konšteláciu, ktorá kombinuje satelity na stredných (MEO), šikmých geosynchrónnych (IGSO) a geostacionárnych (GEO) dráhach. Tým zabezpečuje nielen globálne pokrytie, ale aj vysokú presnosť v ázijsko-pacifickom regióne a rozšírené možnosti komunikačných a časových služieb.

Všetky štyri systémy využívajú viacfrekvenčné vysielanie, pričom GPS, Galileo a BeiDou pracujú na princípe modulácie CDMA, zatiaľ čo GLONASS zostáva pri FDMA. Tieto rozdiely ovplyvňujú kompatibilitu prijímačov a možnosti simultánneho využitia signálov v rámci multikonšteláčnych riešení.

4.2 Výhody a obmedzenia GNSS systémov

V tejto časti sú analyzované prednosti a limity jednotlivých GNSS systémov. Ich výhody (Tab. 2) a nevýhody (Tab. 3) ukazujú, že žiadny systém nie je univerzálne dokonalý – každý má špecifické silné stránky i slabiny.

Tab. 2 Výhody systémov GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou

GNSS systém	GPS	Galileo	BeiDou	GLONASS
Výhody	sledovanie polohy v reálnom čase	vysoká presnosť	presnosť polohy	vysoká rýchlosť určenia polohy
	dostupnosť globálneho signálu	globálna integrita	nezávislosť	spoľahlivé údaje
	pravidelné aktualizácie systému	vyššie pokrytie vo vyšších zemepisných šírkach	aktívne a pasívne určenie polohy	presnosť vo vyšších nadmorských výškach
	vysoká presnosť až do 30 cm	vysoká odolnosť voči rušeniu	príjem viacerých signálov	pokrýva celý povrch Zeme
	vojenské aj civilné využitie	koncept overovania signálu	konštrukčná stabilita systému	bezplatný a bez obmedzení
	podpora pátrania a záchrany	spätné spojenie pre pátracie operácie	využitie v núdzových situáciách	
	služba je zadarmo	kontinuita služieb	informačná bezpečnosť	
	poskytuje trojrozmerné súradnice	navigačná nezávislosť pre Európu	trojfrekvenčné určovanie polohy	
	pracuje bez ohľadu na počasie		krátke správy	
			komplexná presnosť systému	

Zdroje: [2], [5], [9], [20],[21]

Globálne navigačné satelitné systémy GPS, Galileo, GLONASS a BeiDou predstavujú technologicky prepojený ekosystém, ktorý zabezpečuje presné určovanie polohy, času a navigácie kdekoľvek na svete. Systém GPS ponúka dlhodobu overenú presnosť, globálne pokrytie a vysokú spoľahlivosť vďaka pravidelným modernizáciám (GPS III/IIIF). Jeho služby sú bezplatné a dostupné pre civilné aj vojenské účely, pričom zabezpečuje trojrozmerné súradnice a funguje nezávisle od poveternostných podmienok.

Galileo sa od ostatných systémov odlišuje čisto civilnou povahou a vysokou presnosťou merania. Významnou výhodou je jeho odolnosť voči rušeniu a funkcia spätného spojenia v rámci pátracích a záchranných operácií,

ktorá umožňuje potvrdiť prijatie núdzového signálu. Systém zároveň prispieva k navigačnej nezávislosti Európy a poskytuje vysokú integritu a kontinuitu služieb.

Čínsky systém BeiDou sa vyznačuje hybridnou architektúrou pozostávajúcou zo satelitov na MEO, IGSO a GEO dráhach, čo umožňuje nielen vysokú presnosť, ale aj rozšírené komunikačné funkcie. Schopnosť obojsmerného prenosu krátkych správ a informácií v núdzových situáciách je jedinečná medzi globálnymi GNSS systémami. Navyše využíva trojfrekvenčné určovanie polohy a poskytuje aktívne aj pasívne určovanie signálu, čím zvyšuje stabilitu systému.

Ruský systém GLONASS má výhodu v spoľahlivom určovaní polohy vo vysokých zemepisných šírkach a rýchlosti spracovania signálu. Pokrýva celý zemský povrch, poskytuje presné údaje aj vo vyšších nadmorských výškach a jeho signály sú bezplatné a prístupné bez obmedzení. Modernizácia generácie GLONASS-K2 zároveň prináša zvýšenie presnosti, zavedenie CDMA modulácie a lepšiu kompatibilitu s ostatnými GNSS systémami.

Tab. 3 Obmedzenia systémov GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou

GNSS systém	GPS	Galileo	BeiDou	GLONASS
Obmedzenia	nedostatočná integrita	softvérové problémy systému	slabá schopnosť prežitia satelitov	nedostatočná integrita
	slabšia presnosť v hustom poraste a zastavaných oblastiach	nedostatočne výkonná konštelácia satelitov	spoľahlivosť systému najmä na riadiace centrum	nedostatočná dostupnosť
	je potrebná priama viditeľnosť na družice	PRS služba obmedzená na oprávnené vládne orgány	obmedzená kapacita	nedostatočná kontinuita služby
	nedostatočná kontinuita služby	časté poruchy a výpadky	nedostatočné frekvenčné pásmo	nedostatočná presnosť
	slabší výkon v úzkych údoliach	oneskorené príchody správ o výkonnosti systému		chýbajúca kontrola zo strany medzinárodného civilného orgánu
	signál ovplyvnený atmosférou a ionosférou	prevádzka je rozložená medzi veľký počet organizácií a spoločností		potrebná priama viditeľnosť na družice
	chyby pri meraní času			chyby pri meraní času
	možnosť rušenia signálu			
	riziko poruchy zariadenia			
	riziko ohrozenia osobných údajov			
nemožnosť merania v podzemí				

Zdroje: [2], [5], [9], [20],[22]

Napriek rozsiahlym modernizáciám čelí každý zo systémov aj svojim špecifickým obmedzeniam. GPS je stále závislý na priamej viditeľnosti satelitov a citlivý na atmosférické a ionosférické rušenie. Slabšiu presnosť môže

© Published by Journal of Global Science.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The moral rights of the named author(s) have been asserted.

vykazovať v hustej zástavbe či v úzkych údoliach a v minulosti mu bola vyčítaná absencia dostatočnej integrity a redundancie služieb.

Galileo sa v prvých fázach potýkal so softvérovými problémami a pomalším tempom uvádzania satelitov do prevádzky. Systém PRS (Public Regulated Service) je pritom vyhradený len pre oprávnené vládne orgány, čo znižuje jeho všeobecnú dostupnosť. Občasné výpadky a oneskorené správy v prenose údajov tiež dočasne znižovali kontinuitu služby [23].

Systém BeiDou je veľmi komplexný a jeho prevádzka závisí od viacerých orbitálnych vrstiev. Hoci ponúka unikátne komunikačné schopnosti, tie sú spojené s obmedzenou kapacitou prenosu dát a rizikom zneužitia týchto funkcií. Niektoré satelity vykazujú kratšiu životnosť a systém je citlivý na presnosť riadiacich centier, čo môže ovplyvniť kvalitu signálu.

GLONASS, napriek svojej spoľahlivosti, má stále nižšiu presnosť než GPS a Galileo. Systém trpí častejšími výpadkami služby a kratšou životnosťou satelitov. Jeho integrita a kontinuita sú obmedzené a chyba mu centralizovaná kontrola prostredníctvom medzinárodného civilného orgánu.

5. Diskusia

Získané výsledky poukazujú na to, že globálne navigačné satelitné systémy prešli od konkurenčného modelu k vzájomnej kompatibilite a technologickej symbióze. Ako ukazuje porovnanie v Tabuľkách 1 a 2, presnosť a stabilita jednotlivých systémov súvisia aj s rozdielnou architektúrou konštelácií, výškou orbitov a použitou moduláciou signálu, čo ovplyvňuje ich dostupnosť v rôznych geografických oblastiach. Tento vývoj predstavuje významný posun, keďže interoperabilita medzi systémami umožňuje nielen vyššiu presnosť a spoľahlivosť, ale aj odolnosť voči zlyhaniu či výpadkom jednotlivých konštelácií. GNSS sa tak stáva integrálnou súčasťou kritickej infraštruktúry, na ktorej spočíva fungovanie moderných technologických procesov v doprave, energetike, telekomunikáciách a finančných systémoch.

Z analýzy trendov vyplýva, že budúci rozvoj GNSS nebude definovaný iba technickými inováciami, ale aj spoločenskými a bezpečnostnými aspektmi. So zvyšujúcou sa závislosťou na satelitnej navigácii rastie aj potreba zabezpečenia integrity a kybernetickej ochrany. Rastúci počet spoofingových a rušiacich útokov upozorňuje, že dôvera v systémy musí byť rovnako dôležitá ako ich technická výkonnosť. Práve preto sa do popredia dostávajú autonómne detekčné algoritmy a systémy integrity, ktoré dokážu v reálnom čase rozpoznať odchýlky a chybové stavy.

Zároveň sa ukazuje, že GNSS sa čoraz viac presúva z oblasti vedeckého a priemyselného využitia do každodennej reality. Od navigácie lietadiel, lodí či automobilov až po presné časovanie sietí a synchronizáciu dátových tokov – satelitná navigácia je dnes kľúčovým prvkom digitálnej spoločnosti. Tento vývoj však zároveň prináša aj riziko závislosti, ktorá si vyžaduje strategický prístup k diverzifikácii zdrojov a vývoju záložných riešení.

Budúcnosť GNSS sa bude pravdepodobne opierať o koncept viacvrstvovej navigácie, ktorý kombinuje satelitné, regionálne aj pozemné doplnkové systémy, a o využitie umelej inteligencie pri detekcii anomálií a zabezpečení integrity signálu. Budúce smerovanie GNSS bude pravdepodobne charakterizované

prehľbovaním interoperability a prepojením s pozemnými a regionálnymi systémami, ako aj integráciou s novými technológiami autonómneho riadenia, umelej inteligencie a Internetu vecí. GNSS sa tak z technológie určovania polohy mení na univerzálnu platformu koordinácie a riadenia – nástroj, ktorý symbolizuje prepojenosť, presnosť a dôveru v ére digitalizácie.

6. Záver

Globálne navigačné satelitné systémy sa stali neoddeliteľnou súčasťou modernej civilizácie. Umožňujú fungovanie dopravy, logistiky, letectva, telekomunikácií i vedeckého výskumu. Ich vývoj jasne ukazuje, že smerovanie technológií je založené na spolupráci, presnosti a neustálom zlepšovaní.

Analýza potvrdila, že každý zo systémov – GPS, GLONASS, Galileo aj BeiDou – prináša svoje špecifické výhody a prispieva k celkovej stabilite a spoľahlivosti navigačnej infraštruktúry. Kľúčovým trendom je interoperabilita, vďaka ktorej sa z týchto pôvodne samostatných projektov stal jednotný globálny navigačný rámec.

Pre budúcnosť sa predpokladá ďalšie zvyšovanie presnosti, zavádzanie bezpečnostných prvkov a rozširovanie civilných služieb s vysokou presnosťou. GNSS už dávno nie je len nástrojom určovania polohy – je to systém, ktorý spája technológie, krajiny aj ľudí.

Ak si uvedomíme jeho dôležitosť, musíme ho vnímať nielen ako súčasť technického pokroku, ale aj ako symbol globálnej koordinácie a dôvery. Satelity nad nami sa pohybujú v presnom rytme – a možno práve v tom je metafora dnešného sveta: že poriadok, presnosť a spolupráca sú podmienkou bezpečného smerovania v priestore aj v čase.

Zoznam bibliografických odkazov

1. GPS.gov. 2024. "New Civil Signals (L2C, L5, L1C)." Accessed October 10, 2025. <https://www.gps.gov/new-civil-signals>
2. U.S. Space Force. 2025. "Global Positioning System at Schriever Space Force Base." Accessed October 10, 2025. <https://www.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Fact-Sheet-Display/Article/3743305/global-positioning-system-at-schriever-space-force-base>
3. FAA. 2024. "Satellite Navigation – GPS – Control Segment." Last modified November 25. Accessed October 10, 2025. https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/gps/controlsegments
4. ESA Navipedia. 2025. "Galileo Space Segment." Accessed October 10, 2025. https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Space_Segment
5. IAC GLONASS. 2025. "About GLONASS." Accessed October 10, 2025. https://glonass-iac.ru/en/about_glonass.

6. FAA. 2025. "Satellite Navigation – WAAS – How It Works." Accessed October 10, 2025. https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/howitworks.
7. EGNOS GSC. 2024. "EGNOS Safety of Life Service – SDD." Last modified September 9. Accessed October 10, 2025. <https://egnos.gsc-europa.eu/documents/egnos-safety-life-service-sdd>.
8. ESA. 2025. "Galileo Satellites (Orbits and Constellation)." Accessed October 10, 2025. https://www.esa.int/Applications/Satellite_navigation/Galileo/Galileo_satellites.
9. European GNSS Service Centre (GSC). 2023. "Galileo High Accuracy Service (HAS) – Initial Service (24 Jan 2023)." Accessed October 10, 2025. <https://www.gsc-europa.eu/galileo/services/galileo-high-accuracy-service-has>.
10. European Commission – Defence Industry & Space. 2025. "EGNOS Safety-of-Life Service." Accessed October 10, 2025. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/egnos-satellite-navigation/safety-life-service_en.
11. Simulating a Digital Factory and Improving Production Efficiency by Using Virtual Reality Technology / Michal Hovanec ... [et al.] Spôsob prístupu: <http://dx.doi.org/10.3390/app13085118...> - 2023. In: Applied sciences. - Bazilej (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 13, č. 8 (2023), s. [1-21] [online]. - ISSN 2076-3417 (online)
12. Sharma, A. 2022. „A review of global navigation satellite systems (GNSS) and its applications“. *ResearchGate*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/357579523_A_REVIEW_OF_GLOBAL_NAVIGATION_SATELLITE_SYSTEMS_GNSS_AND_ITS_APPLICATIONS.
13. Khan, R. et al., 2024. „Evolution of GNSS/GPS technology and its applications, Journal of Navigation and Space Science“. *ScienceDirect*. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S305047592500257X>.
14. Zhao, P., Sun, J. 2025. „A survey of GNSS receiver autonomous integrity monitoring (RAIM)“, *Frontiers in Physics*. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2025.1567301/full>.
15. Zaminpardaz, S., Teunissen, P. 2020. „Assessing the benefits of Galileo to high-precision GNSS positioning (RTK, PPP, post-processing)“, *Advances in Space Research, ScienceDirect*. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273117720305962>.
16. Innovating airport luggage disinfection systems with advanced technologies and automation / Samer Al-Rabeei ... [et al.] Spôsob prístupu: <http://dx.doi.org/10.3390/systems12090345...> - 2024. In: Systems. - Basel (Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute Roč. 12, č. 9 (2024), s. [1-16] [online]. - ISSN 2079-8954 (online)
17. Gómez-Cano, J. 2024. „Evaluation of the Galileo High-Accuracy Service SSR product quality“, *Advances in Space Research*. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273117724011438>.
18. Fernández, L. et al. 2023. „Galileo High Accuracy Service performance and anomaly mitigation, GPS Solutions“, *Springer*. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10291-023-01555-w>
19. Piras, M. 2023. „Application of Galileo High Accuracy Service on Single-Point Positioning (SPP)“, *Sensors, MDPI*. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/9/4223>.

20. Zeng, Y. 2022. „A survey of GNSS spoofing and anti-spoofing technology, Remote Sensing“, *MDPI*. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/19/4826>.
21. High-precision services of BeiDou navigation satellite system (BDS). 2025. Accessed October 10, 2025. <https://satellite-navigation.springeropen.com/articles/10.1186/s43020-024-00143-8?utm>.
22. China Satellite Navigation Office (BeiDou). 2025. “System – BDS Overview.” Accessed October 10, 2025. <https://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/>.
23. Hovanec, M. et al. (2023) ‘Comparison of Airport Operations Before, During and After the COVID-19 period in Slovakia’, *TEM Journal*, pp. 2166–2176. doi: 10.18421/TEM124-27