

VÝZNAM A PERSPEKTÍVA VYUŽITIA PRISTÁVACIEHO SYSTÉMU GNSS

Paulína Jirků

Katedra leteckej dopravy, Fakulta PEDaS, Žilinská univerzita v Žiline, Slovensko

Paulina.jirku@fpedas.uniza.sk

Abstract – Continuous growth of air transportation demand means that many large airports are being forced to increase their operating capacity. One possibility is increased use of procedures for precision approach. This paper describes the present situation of systems used for precision approach operations. The article points to the fact, that Global Navigation Satellite System (GNSS) Landing System is the future of Air Traffic Management System.

Key words – GNSS, GBAS, GLS, ILS, precision approach.

Úvod

S rastom leteckej dopravy sa letiská potýkajú s otázkou ako zvládnuť nárast pohybov lietadiel bez nutnosti rozširovania letiska budovaním ďalších vzletových a pristávacích dráh (VPD).

Jedným zo spôsobov je zavedenie postupov pre prístrojové priblíženie s vertikálnym vedením na oboch koncoch dráhy a tým umožniť pristátia v kritických meteorologických podmienkach. Vďaka týmto postupom sa výrazne zvýši kapacita VPD, zlepši bezpečnosť a zvýši prevádzková efektívnosť.

Podľa kvality približovacích zariadení v súčasnosti môžeme postupy priblíženia podľa prístrojov (IAP - Instrument Approach Procedures) rozdeliť nasledovne: [1]

- **Nie-presné priblíženie / Non-Precision Approach (NA)** – je také priblíženie podľa prístrojov, ktoré využíva navigačné zariadenia (ako napr. nesmerový rádiomaják - NDB, VHF všesmerový rádiomaják – VOR, zariadenie na meranie vzdialenosti – DME) s cieľom priviesť lietadlo na pristátie. Tieto postupy neposkytujú vertikálne vedenie lietadla, gradient výšky preto pilot upravuje kontrolou výšky vo fixoch pomocou tabuliek alebo výpočtom.
- **Postup priblíženia s vertikálnym vedením / Approach Procedure with Vertical Guidance (APV)** – tento postup využíva použitie smerového a vertikálneho vedenia, ktoré nespĺňa požiadavky stanovené na presné priblíženie a pristátie. (Barometrická vertikálna navigácia - Baro-VNAV, systém s družicovým rozšírením - SBAS)
- **Presné priblíženie / Precision Approach (PA)** – poskytuje priebežnú informáciu o smerovom aj vertikálnom vedení pri určitých minimách, podľa kategórie prevádzky. Zariadenia,

ktoré sú schopné takúto informáciu poskytnúť sú najmä ILS, MLS a v dnešnej dobe už aj systém GLS.

PRESNÉ PŘIBLIŽENIE

Význam tohto typu prístrojového priblíženia je v redukcii letiskových mínim, čoho dôsledkom sú menšie rozstupy, meškania, alebo let na náhradné letisko.

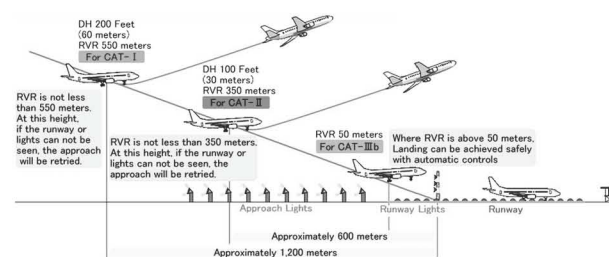
Poskytnutie priebežnej informácie o smerovom vedení lietadla ako aj o jeho vertikálnej polohe znamená, že pilot v každom okamihu počas priblíženia dokáže vyhodnotiť polohu lietadla voči obom rovinám priblíženia a vykonávať potrebné korekcie.

Čím vyššia je presnosť vedenia lietadla na pristátie, tým užšie sú ochranné priestory a tým menej nebezpečných prekážok zahrnú. A to má za následok nižšie hodnoty výšky rozhodnutia a tým vyššia je pravdepodobnosť pristátia lietadiel za meteorologicky nepriaznivých podmienok. [2]

Predpis Annex 14, Volume I stanovuje všeobecné podmienky na presné prístrojové priblíženie a pristátie (uvedené v tabuľke 1), definované základnými parametrami: výška rozhodnutia / Decision Height (DH), dohľadnosť / Visibility (Vis) a dráhová dohľadnosť / Runway Visual Range (RVR).

Tabuľka 1 – Kategórie pre presné priblíženie [4]

Kategória	DH (ft)	RVR (m)	Vis (m)
Cat I	≥200	≥550	≥800
Cat II	100-200	≥300	
Cat III a	<100	≥175	
Cat III b	<50	50-175	
Cat III c	-	-	



Obrázok 1 – kategórie presného priblíženia [5]

Výška rozhodnutia predstavuje takú výšku, v ktorej v prípade ak pilot nedosiahol vizuálny kontakt s prístávacou dráhou, musí začať postup nevydareného priblíženia. Vztahuje sa na nadmorskú výšku prahu dráhy.

SYSTÉM ZARIADENÍ NA PRESNÉ PŘIBLÍŽENÍ / INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS)

V dnešnej dobe je ILS najpoužívanejším systémom presného priblíženia pre lietadlá na mnohých európskych letiskách. Pozostáva z dvoch rádiomajákov a troch polohových návestidiel:

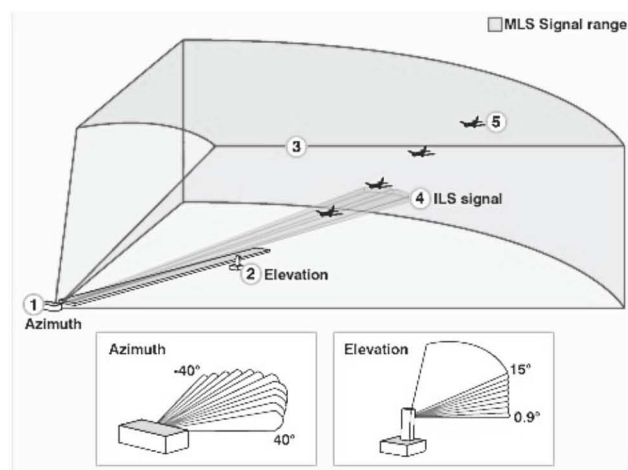
- VKV kurzový rádiomaják / Localizer (LLZ) – vyžaruje elektronickú rovinu kolmú k rovine dráhy v osi dráhy a zaisťuje smerové vedenie lietadla,
- UKV zostupový rádiomaják / Glide Path (GP) – zaisťuje lietadlu rovnomerné klesanie,
- Rádiové návestidlá / Markers (vonkajšie, stredné a vnútorné) – sú inštalované v osi dráhy a vytyčujú pozíciu fixov, spravidla vo vzdialenostiach 7,2 km; 1,05 km a 75 m.

ILS ponúka štandardné presné priblíženie a pristátie už viac ako 40 rokov a počas tejto doby prešiel radom vylepšení pre zvýšenie svojej výkonnosti a spoľahlivosti. Vo vzťahu k budúcim požiadavkám v oblasti letectva má ILS niektoré obmedzenia: [6]

- veľkú citlivosť na rušenie a miesto inštalácie (LLZ a GP sú náchylné na odrazy od budov a terénu)
- vysoké náklady (prevádzkové aj inštalačné);
- priblíženie len pod jedným zostupovým uhlom v predloženej osi VPD;
- nedostačujúci počet kanálov (poskytuje 40 frekvenčných kanálov).

MIKROVLNNÝ PRÍSTÁVACÍ SYSTÉM / MICROWAVE LANDING SYSTEM (MLS)

MLS je presný približovací a prístávací navigačný systém, ktorý poskytuje informáciu o polohe meraním uhla azimutu, elevačného uhla a vzdialenosti. Pôvodne bol navrhnutý ako náhrada za systém ILS.



Obrázok 2 – sektor krytia MLS [8]

Na základe signálov vysielaných z antény azimutu priblíženia (č. 1, na obrázku 2) a elevačnej antény (č. 2) dokáže palubné zariadenie určiť presnú polohu lietadla. MLS je schopný pokryť omnoho väčšiu oblasť (č. 3) než je tomu u ILS (č. 4) vďaka čomu sa môže priblíženie uskutočniť pri viacerých zostupových uhloch.

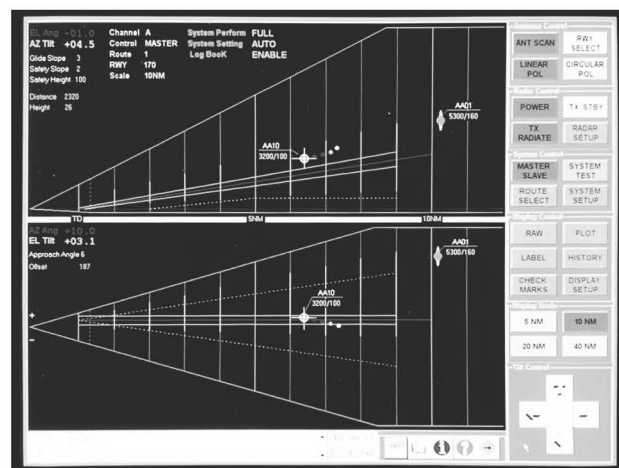
Výhodami použitia MLS sú:

- možnosť použitia presného priblíženia lietadla na pristátie v priestore, kde trať konečného priblíženia nie je totožná s predĺženou osou dráhy;
- nevzniká rušenie signálu rôznymi prekážkami alebo terénom;
- je frekvenčný rozsah (200 kanálov vo frekvenčnom pásme 5031,0 – 5090,7 MHz).

Na európskych letiskách sa so systémom MLS stretneme len zriedkavo, a v súčasnosti jeho použitie stále klesá a predpokladá sa, že sa tento systém úplne prestane používať. Na Slovensku ani v Českej republike nebol nikdy inštalovaný.

PRESNÝ PŘIBLÍŽOVACÍ RADAR / PRECISION APPROACH RADAR (PAR)

PAR je primárne radarové zariadenie, ktoré poskytuje horizontálne aj vertikálne vedenie lietadla vo fáze konečného priblíženia. [9]. Odchýlky polohy lietadla voči osám priblíženia vyhodnocuje riadiaci letovej prevádzky na základe zobrazenej informácie a následne vydáva inštrukcie pilotovi lietadla. Preto za rozstupy lietadla od prekážok zodpovedá riadiaci letovej prevádzky a nie pilot. Keďže pilot nemá priamu vizuálnu informáciu je PAR kvalitatívne na nižšej úrovni než ILS. [2]



Obrázok 2 – Zobrazenie prehľadovej informácie riadiacemu letovej prevádzky [10]

Presné priblíženie PAR je veľmi zriedkavé a využíva sa najmä vo vojenskom letectve. V Slovenskej republike nie je PAR vôbec inštalovaný.

PRÍSTÁVACÍ SYSTÉM GNSS / GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS) LANDING SYSTEM (GLS)

GLS je systém pre priblíženie a pristátie využívajúci družicovú navigáciu, rozšírený o systém s pozemným

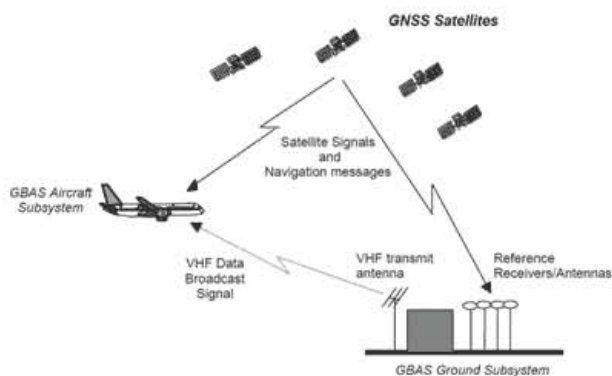
rozšírením GBAS (Ground Based Augmentation System). Preto je GLS označovaný v niektorých zdrojoch ako pristávací systém GBAS / GBAS Landing system.

Cieľom zavádzania GLS je poskytnúť alternatívu k systému ILS a výrazne zlepšiť kapacitu VPD na letiskách po celom svete za nižšie náklady a poskytnúť služby prístrojového priblíženia tam, kde by to inak bolo nemožné z ekonomických alebo prevádzkových dôvodov. [11]

POPIS SYSTÉMU GBAS

GBAS je systém s pozemným rozšírením monitorujúci integritu a diferenčné korekcie globálneho satelitného navigačného systému (GNSS), ktorý pozostáva z troch základných elementov:

- vesmírny segment,
- pozemný segment a
- palubný segment.



Obrázok 2 – princíp systému GBAS [12]

VESMÍRNY SEGMENT

Vesmírny segment pozostáva z družíc GNSS. V súčasnej dobe je v plnej prevádzke iba americký, pôvodne vojenský systém GPS - Global Positioning System a v čiastočnej prevádzke ruský GLONASS - GLObal NAVigation Satellite System (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema).

Európska únia a Európska vesmírna agentúra spolupracujú na európskom systéme satelitnej navigácie Galileo, ktorý plánovanou alternatívou k GPS. Plná plánovaná konfigurácia pozostáva z 30 družíc (27 operačných a tri záložné). Do roku 2015 sa plánuje uviesť systém do prevádzky v čiastočnej konfigurácii 18 družíc, ostatné budú nasledovať postupne do roku 2020. Aktuálne sú na obežnej dráhe štyri testovacie satelity vypustené v rokoch 2011 a 2012.

Ďalším navigačným satelitným systémom vo vývoji je aj čínsky BeiDou, ktorý plánuje poskytnúť globálne pokrytie okolo roku 2020. [13]

Vesmírny segment GNSS môže byť doplnený o systém s družicovým rozšírením / Space-Based Augmentation System (SBAS), ako napríklad European Geostationary

Navigation Overlay Service (EGNOS) alebo americký Wide Area Augmentation System – (WAAS).

POZEMNÝ SEGMENT

Pozemná stanica GBAS obvyčajne pozostáva z

- najmenej troch GNSS referenčných prijímačov / reference receivers,
- pozemnej jednotky / ground facility a
- vysielачa VDB /Very High Frequency (VHF) Data Broadcast (VDB) transmitter.

Všetky tieto zariadenia sú obvykle situované priamo na letisku, alebo v jeho tesnej blízkosti. [14] Umiestnenie referenčných prijímačov si vyžaduje starostlivé zhodnotenie miestnych zdrojov rušenia, blokovania signálu, alebo vznik možných odrazov. Výber lokality pre vysielач VDB musí zohľadniť oblasť pokrytia pre plánovanú prevádzku. Zároveň musí umiestnenie spĺňať požiadavky predpisu L14.

Prostredníctvom referenčných prijímačov sa z družíc získavajú informácie, ktoré pozemná jednotka spracuje do požadovanej správy - definuje chyby vo vypočítaných polohách a pridáva ďalšie parametre. Následne vysielач VDB odošle správu na palubu lietadla.

Funkciu pozemnej jednotky GBAS je poskytnúť navigačné dáta, ktoré obsahujú nasledovné informácie: [15]

- korekcie pseudovzdialenosti;
- údaje týkajúce sa GBAS;
- dáta pre konečné priblíženie pri podpore presného priblíženia;
- dáta o dostupnosti predpokladaných zdrojov určovania vzdialenosti a
- monitorovanie integrity zdrojov určovania vzdialenosti.

PALUBNÝ SEGMENT

Lietadlá môžu byť vybavené buď prijímačom GBAS, alebo prijímačom MMR / Multi-Mode Receiver (MMR). MMR je viacúčelový prijímač, ktorý je schopný prijímať signály z rôznych zariadení (napr.: GNSS, VOR a ILS). [14] Keďže ale ide o veľmi nákladný systém vo všeobecnom letectve sa uprednostňuje jednoduchý prijímač GBAS. Firma Rockwell-Collins ponúka zariadenie GLU-925 (GNSS Landing Unit), ktoré je certifikované pre postup priblíženia GBAS CAT I a spoločnosť Honeywell vyvíja integrovaný navigačný prijímač /Integrated Navigation Receiver (INR).

PRÍNOSY GLS

GLS má v porovnaní so systémom ILS niekoľko výhod. [17, 18]

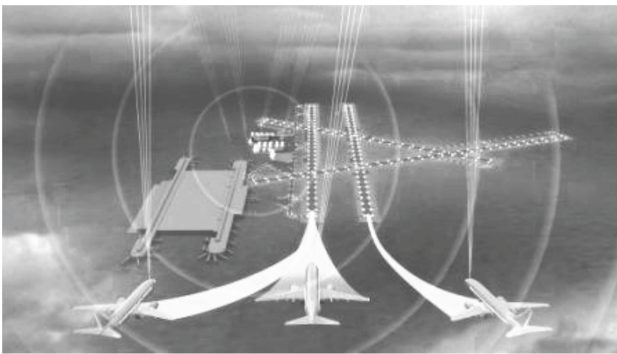
Najväčším prínosom GLS pre letiská je umožnenie presného priblíženia pri nízkej dohľadnosti na všetkých dráhach a vo všetkých smeroch iba s použitím jedného systému, čím sa zvýši kapacita letiska a zlepši sa tak jeho dostupnosť

v prípadoch, kde z rôznych dôvodov nie je možná inštalácia ILS. Poskytne tiež väčšiu slobodu pohybov objektov na letisku (odstránenie rušenia od pohybujúcich sa objektov).

Prínos pre letecké spoločnosti:

- redukcia nákladov spojených s rušením letov z dôvodu nepriaznivých poveternostných podmienok, alebo presunom cestujúcich v prípade letu na alternatívne letisko,
- minimálna záťaž na výcvik pilotov (GLS bol vyvinutý ako "dvojník ILS" z pohľadu pilota a poskytuje vedenie podobné ILS na úseku konečného priblíženia), [19]
- úspora paliva, obmedzenie hluku a redukcia emisií (keďže GLS umožňuje vykonávanie zakrivených či lomených priblížení).

Pre prevádzkovateľov letových navigačných služieb použitie GLS znamená zníženie investícií do infraštruktúry a celkových nákladov na údržbu (postačuje jeden systém GBAS na letisku i pri väčšom počte VPD) a očakávame i menej časté a menej nákladné letové overovanie, než je to u ILS.



Obrázok 3 – možné pokrytie GBAS [20]

Keďže je GBAS plne závislý na GPS, jeho slabinou je možné rušenie signálu, ktoré by mohlo vyradiť z prevádzky celý systém.

SÚČASNÝ STAV ZAVÁDZANIA GLS

Federálny letecký úrad / Federal Aviation Administration (FAA) už schválil postup pre presné priblíženie a pristátie podľa prístrojov použitím GLS za podmienok I. kategórie poveternostných minim ICAO (postup priblíženia GLS CAT I) a ďalej pracuje na overovaní noriem pre CAT II/III, ktoré by mali byť k dispozícii v roku 2018. [14]

Spoločnosť AirBerlin 9. februára 2012 pri lete na letisko Bremen v Nemecku ako prvá vykonala postup priblíženia GLS CAT I. [21] alebo?:

Momentálne je už viac ako 200 lietadiel vybavených systémom GBAS certifikovaným pre presné priblíženie CAT I. [21] Spoločnosti Boeing a Airbus aktívne pracujú na procese certifikácie pre postup priblíženia GLS CAT III a veľká časť ich flotily už je vybavená palubným zariadením certifikovaným pre postup priblíženia GLS CAT I. [17]

V súčasnosti je inštalovaných niekoľko zariadení GBAS, napríklad na letiskách:

- v Nemecku: City Airport Bremen (BRE) a Frankfurt Airport (FRA);
- v Španielsku: Malaga Airport (AGP);
- v USA: Newark Liberty International Airport (EWR) a Houston George Bush Intercontinental Airport (IAH);
- v Austrálii: Sydney International Airport (SYD);
- v Brazílii (Rio de Janeiro): Galeão–Antonio Carlos Jobim International Airport (GIG);
- v Indii: Chennai International Airport (MAA).

Na projektoch GBAS pracuje niekoľko spoločností: IACIT, SELEX, NPPF Spectr, Indra, Thales, NEC, Park Air, GM Merck and iné, ale iba spoločnosť Honeywell má certifikovanú stanicu SmartPath® SLS-4000 (údaj z polovice r. 2011) [14].

Americká spoločnosť Honeywell úzko spolupracuje s vládnyimi agentúrami a poskytovateľmi letových navigačných služieb, ako napríklad Federálny letecký úrad / Federal Aviation Administration (FAA), Medzinárodnou organizáciou pre civilné letectvo / International Civil Aviation Organization (ICAO) a EUROCONTROL, s cieľom zabezpečiť spoločnú stratégiu rozvoja a overenia prevádzky prístávacieho systému SmartPath. [22].

V júni 2013 bol inštalovaný i prvý európsky prototyp NORMARC 8100 CAT III GBAS na letisku Frankfurt nad Mohanom. Indra Navia vyvinula tento systém v rámci európskeho programu SESAR (Single European Sky ATM Research). [23]

ZÁVER

Systémy pre presné priblíženie ILS a MLS majú veľké prevádzkové náklady a ich základnou nevýhodou je nutnosť inštalácie pre každý koniec dráhy samostatne. ILS má okrem toho i ďalšie prevádzkové obmedzenia. Na rozdiel od nich iba jeden systém GLS dokáže pokryť všetky dráhy na letisku. Systém pre pristátie GNSS zlepšuje bezpečnosť, zvyšuje kapacitu, a poskytuje prevádzkové výhody pre letecké spoločnosti, pilotov, letiská i poskytovateľov letových prevádzkových služieb. V súčasnej dobe používajú niektoré letiská s moderným vybavením systém GLS ako plnohodnotnú náhradu ILS a MLS, preto je reálny predpoklad na zavedenie tohto systému do celého sveta.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: „Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry; ITMS 26220220156.“



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/
Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

LITERATÚRA

- [1] ICAO Doc 8168 OPS/611, Volume II, Fifth edition – 2006
- [2] Soldán V.: Letové postupy a provoz letadel, LIS ŘLP ČR, 2007, ISBN: 978-80-239-8595-5
- [3] Novák A.: Sledovacie systémy v letectve, 1. vyd. - Žilina, 2010; ISBN 978-80-554-0170-6
- [4] Annex 14, Volume 1, Amendment 11, sixth edition Volume I - July 2013
- [5] http://www.mlit.go.jp/koku/15_hf_000077.html
- [6] <http://www.allstar.fiu.edu/aerojava/ML.S.htm>
- [7] Faa: Instrument Procedures Handbook, 2007
- [8] Daniel Emery: Microwaves 'improve fog landings', BBC News; <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/7961501.stm>.
- [9] L 4444 - Postupy leteckých navigačných služieb, Manažment letovej prevádzky, Tretie vydanie – február 2010, ISBN 978-80-89297-23-8
- [10] [://www.radartutorial.eu/19.kartei/karte221.en.html](http://www.radartutorial.eu/19.kartei/karte221.en.html)
- [11] http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_21/gnss_story.html.
- [12] <http://www.aena.es/csee/ContentServer/navegacion-aerea/en/Page/1086172037298//GBAS.html>
- [13] <http://www.beidou.gov.cn/>
- [14] http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/howitworks/
- [15] ICAO: Guide for Ground Based Augmentation System Implementation, May 2013
- [16] L 10 - Letecké telekomunikácie, Zväzok I, Rádionavigačné zariadenia
- [17] EUROCONTROL: Skay Magazine No. 54, Winter 2010
- [18] <http://www.icao.int/SAM/Documents/2011/FLTEST/Sesion%204%20Presentacion%20%20AERODATA.pdf>
- [19] http://www.faa.gov/air_traffic/publications/ATpubs/AIM/aim0101.html#aim0101.html.41
- [20] [http://www.theairportshow.com/Portal/UserFiles/presentations/2013/1st%20Day/\(9\)%20Honeywell%20Aerospace/Dubai%20Airshow_May_2013_Final%20-%20GBAS.pptx](http://www.theairportshow.com/Portal/UserFiles/presentations/2013/1st%20Day/(9)%20Honeywell%20Aerospace/Dubai%20Airshow_May_2013_Final%20-%20GBAS.pptx)
- [21] <http://www.eurocontrol.int/press-releases/satellite-based-precision-landing-system-now-operational>
- [22] <http://www.indianaviationnews.com/indian-aviation-archievenews.asp?id=26&NID=406&PID=jhvh>
- [23] <http://www.airport-technology.com/news/newssatellite-based-landing-system-goes-live-frankfurt-airport>
- [24] Novák A. Novák Sedláčková A., Němec V.: Testing and measuring GNSS parameters; In: TTS Technika transportu szynowego: koleje - tramwaje - metro. - ISSN 1232-3829. - 2013
- [25] https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim/aim0504.html
- [26] Novák A.: Measuring interference GNSS with vertical guidance; In: INAIR 2013: international conference on air transport: 7-8 November 2013 Bratislava, Slovakia. - Žilina: Žilinská univerzita, 2013. - ISBN 978-80-554-0776-0
- [27] Pitor J.: Flight checking of GNSS approach procedures; In: New trends in civil aviation 2013: Žilina, 21.-22. June 2013. - Brno: CERM, 2013
- [28] Novák, A.: Measuring and Testing GNSS with Vertical Guidance, In: Modern Safety Technologies in Transportation: international scientific conference: 24 – 26.9.2013, Košice, Slovakia: ISSN 1338-5232
- [29] https://www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/EEC_News_2008_1_GBAS.html
- [30] EUROCONTROL: RNAV Approaches, December 2012, <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/factsheets/2013-mav-approaches-factsheet.pdf>