

HISTÓRIA A VÝVOJ PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV PRE ÚČELY RIADENIA LETOVEJ PREVÁDZKY

HISTORY AND DEVELOPMENT OF SURVEILLANCE SYSTEMS FOR AIR TRAFFIC CONTROL

Terézia Juríková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
terka.jurikova@gmail.com

Jakub Thomas

Era a.s., Česká Republika
j.thomas@era.aero

Abstract – *The paper is focused on the issue of surveillance systems for air traffic control purposes. The main goal of the work was to process knowledge about the history of surveillance systems and how these systems have evolved over time. For the elaboration of this work, we used professional books, articles and methodologies of various organizations and companies that deal with this topic. Figures and tables have also been used to illustrate the subject more easily. In the first chapter we discuss the history of radiolocation, passive surveillance systems that were used before and after World War II. The first chapter also describes the development of more modern technologies such as ADS-B and multilateration, which have been fully used in the last few years, but their development began much earlier. The second chapter discusses two types of surveillance radars, primary and secondary and their special types. We focused on the description of mainly those specific types that are used at Slovak airports. In the third chapter, we take a closer look at the current development of surveillance systems. We have included in this development the monitoring of air traffic using cameras from remote towers, the combination of surveillance systems into a unit called ARTAS for the purposes of air traffic management and the surveillance of today's very popular unmanned aerial vehicles.*

Key words – radiolocation, primary, surveillance radars, secondary surveillance radars, multilateration, ADS-B, space-based ADS-B, remote tower, ARTAS.

I. ÚVOD

V súčasnosti operuje cez vzdušný priestor Slovenskej Republiky veľké množstvo leteckých liniek, čo čini vyše 350-tisíc lietadiel ročne. Pre udržanie bezpečnej a súvislej letovej prevádzky je nevyhnutné mať prehľad o stave a množstve lietadiel vo vzdušnom priestore. Toto sledovanie zabezpečujú rôzne druhy prehľadových systémov.

Táto práca sa zameriava a zaoberá históriou prehľadových systémov od začiatkov 20-teho storočia, taktiež sa

zameriava na súčasný vývoj ale aj vývoj prehľadových systémov v blízkej budúcnosti.

V prvej kapitole je opísaná história rádiolokácie, ktorú prvý teoreticky spracoval škótsky fyzik James Maxwell. V tejto kapitole taktiež spomínáme multilateráciu, ktorej začiatky siahajú do čias prvej svetovej vojny a jej súčasný vývoj známi ako wide-area multilaterácia. Kapitola taktiež obsahuje princíp činnosti, históriu a vývoj automatického závislého sledovania a jeho kombinácie s multilateráciou v podobe multi-senzorového systému NEO a ADS-B vysielajú SQUID pre sledovanie letiskových vozidiel.

Druhá kapitola je zameraná na primárne a sekundárne prehľadové radary. V nej sú opísané súčasti oboch druhov prehľadových radarov a ich výhody a nevýhody. Taktiež ako v predošlej kapitole je zachytená história a vývoj jednotlivých prehľadových radarov a ich špeciálnych druhov.

V poslednej tretej kapitole opisujeme súčasný vývoj prehľadových technológií, ktoré majú napomáhať riadiacim pri kontrole letovej prevádzky. Ide o technológiu nazývanú diaľkové veže, ktoré zabezpečujú bezpečné riadenie letovej prevádzky a zníženie nákladov letísk. V druhej časti tretej kapitoly spomíname jednotku ARTAS ako súhrn viacerých prehľadových systémov vytvorenú Eurocontrolom. Obe dve technológie sú už zavedené na mnohých európskych letiskách ale stále je potrebné ich overovanie a certifikácia. Na poslednej časti tretej kapitoly opisujeme trackovanie bezpilotných prostriedkov, ktoré sa stávajú súčasťou manažmentu letovej prevádzky.

II. HISTÓRIA A VÝVOJ

Začiatky radaru sú asociované s teoretickou prácou škótskeho fyzika Jamesa Maxwella, ktorý sformuloval všeobecné rovnice elektromagnetických vln a ich správania sa v roku 1864. Experimentálna práca nemeckého fyzika Heinricha Herza potvrdzuje Maxwellovu teóriu a dokazuje, že rádiové vlny môžu byť odrazené od hmotných objektov (tzv. cieľov). Táto kľúčová skutočnosť tvorí základ, pomocou ktorého môže radar vykonávať detekčný proces snimaním prítomnosti odrazenej vlny. [1]

Nové a lepšie radarové systémy prišli v 50-tych rokoch 20. storočia s rozvojom klystronového zosilňovača, ktorý

poskytoval zdroj stáleho vysokého výkonu pre radary s veľmi dlhým dosahom. [2]

PASÍVNE SLEDOVACIE SYSTÉMY

Medzi najviac zavádzané pasívne sledovacie systémy (hlavne určené pre sledovanie letovej prevádzky), môžeme považovať tie, ktoré fungujú na princípe časomerno-hyperbolickej metódy (TDOA) a Bistatického rangingu.

Podstatou časomerno – hyperbolickej metódy je vyhodnocovanie časových rozdielov ožiarenia troch navzájom vzdialených pozemných prijímacích stanovišť impulzným signálom zisťovaného zdroja. PSS môžu taktiež fungovať na princípe bistatického rangingu, kde prijímacia a vysielacia anténa sú oddelené na rôznych miestach. Podľa tejto metódy fungujú novo vznikajúce MSPSR. [3]

V roku 1964 bol PRP-1 **KOPÁČ** (Presný rádiotechnický pátrač-1 Korelační Pátrač) prvý systém zavedený do Československej armádnej výbavy. Skladal sa zo štyroch vozidiel Praga-V3S. Nástupcom Kopáča bol Komplex rádiotechnického prieskumu KPTR-81 **Ramona**. Anténne zariadenie s výsuvným ramenom s dĺžkou 25 m bolo umiestnené na šiestich vozidlách a vyhodnocovacie systémy, zdroje energie a ďalšie prístroje viezli zvyšné vozidlá. [4]

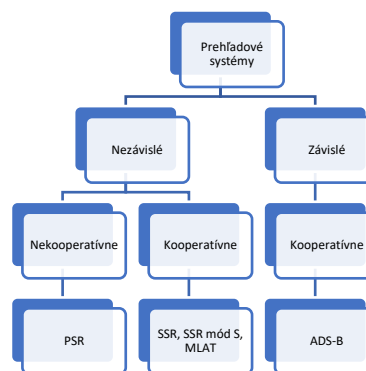
Tesla Pardubice vyvinula technicky lepší Komplet rádiotechnického prieskumu 86 (KTPR-86) s pomenovaním **Tamara**. Celý systém bol zjednodušený. Programové vybavenie štrnástich počítačov dokázalo vyhodnotiť dáta a sledovať tak až 72 cieľov v dosahu 450 km. [5]

Tesla Pardubice skrachovala a vývoj pasívnych systémov prevzala nová firma ERA, a.s. založená v roku 1994, ktorá v 90-tych rokoch vyvinula **Veru**. Najskôr vznikla myšlienka, že Vera bude vyvíjaná ako civilný systém pre riadenie letovej prevádzky. V roku 1995 začala spoločnosť Era pracovať na civilnej verzii pasívneho sledovacieho systému pre účely riadenia letovej prevádzky. Vývoj tohto systému sa podaril a spoločnosť Era na prelome 1999 a 2000 začína dodávať svoje prvé civilné prehľadové systémy. **Vera-E** je pasívny sledovací systém schopný zisťovať, sledovať a identifikovať pozemné, vzdušné aj námorné ciele. Praktickým výsledkom Vera-E je sledovať naraz najmenej 200 cieľov akéhokoľvek druhu na vzdialenosť 450 km, a to úplne pasívne. Veru nie je možné detekovať, rušiť alebo zamerať. [25] [6]

Pasívny sledovací a identifikačný systém **Vera-NG** je 5. generáciou tohto systému. Vera-NG používa pokročilú technológiu sledovania, ktorá zabezpečuje v dlhom časovom rozmedzí sledovať širokú oblasť s dosahom až do 400 km. Dizajn systému je plne mobilný, čo zaisťuje jeho pripravenosť na rýchle taktické nasadenie. [7] [8]

KATEGORIZÁCIA PREHĽADOVÝCH SYSTÉMOV

Systémy pre riadenie letovej prevádzky a prehľadové systémy môžu byť rozdelené do dvoch skupín a to nezávislé a závislé podľa toho, kde sa vypočítava pozícia cieľa. Toto rozdelenie je ďalej kategorizované ako kooperatívne a nekooperatívne ako je vidieť na obrázku č. 1. [9]

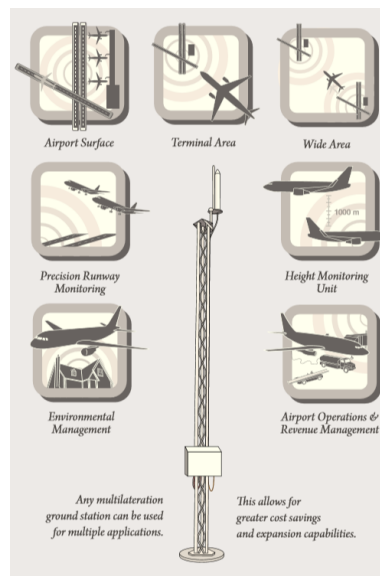


Obrázok 1: Kategorizácia základných prehľadových systémov [9]

MULTILATERÁCIA

Multilaterácia (MLAT) je preskúmaná technológia, ktorá bola a je používaná mnoho desaťročí. Pozemné stanice MLAT prijímajú odpovede od všetkých lietadiel vybavených odpovedačom, zahŕňajúcich taktiež odkazový radar a ADS-B avioniku a určujú pozíciu lietadla na základe TDOA odpovedí. Časový rozdiel určujeme pomocou hyperbolickej metódy. Ide o pasívnu rádiolokáciu, kedy lietadlá ale aj pozemné dopravné prostriedky vysielajú elektromagnetické signály.

Obrázok č. 2 zobrazuje rôzne aplikácie MLAT na oblasti povrchu letiska, oblasť terminálu, širokú oblasť, monitorovanie precíznosti pristávacej dráhy, jednotku monitorovania výšky, manažment životného prostredia a letiskové operácie a finančný manažment. [10] [11]



Obrázok 2: Aplikácie multilaterácie [11]

AUTOMATICKÉ ZÁVISLÉ SLEDOVANIE

Automatické závislé sledovanie – vysielanie (ADS-B - Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) je prehľadová technika, ktorá sa spája s lietadlami a letiskovými dopravnými prostriedkami vysielaním ich identifikácie, pozície a ďalších

informácií odvodených z palubných systémov (napr. VOR/DME, GNSS a pod.). ADS-B je automatické pretože žiadny vonkajší podnet nie je požadovaný, je závislé pretože sa opiera o palubné systémy, aby zabezpečil informácie o sledovaní ostatným stranám. Dáta sú vysielané, čo znamená, že prvotný zdroj nevie, kto prijme dáta a neexistuje dvojsmerná komunikácia ani dotazovanie.

Jednou z výhod ADS je zmenšenie rozstupov medzi lietadlami, čo umožňuje zväčšenie počtu tratí. Taktiež je možné sledovať lietadlá aj v oblastiach bez pokrytia radarov. Medzi nevýhody patrí potreba rozšírenia palubného technického vybavenia lietadiel. [10] [12]

Vesmírny ADS-B rozširuje tú istú ADS-B technológiu aktuálne prijímanú na pozemných prijímačoch do vesmíru. Aireon-ov vesmírny ADS-B zastúpený na novej Iridium nízko-orbitovej (LEO - Low-Earth Orbit) satelitnej konštelácii bude prijímať správy z lietadlového ADS-B s vysoko stupňovou presnosťou a ochranou a bude ich prenášať k letovým kontrolórom v reálnom čase. [13]

SPOJENIE MLATA ADS-B

Posledná generácia multi-senzorového systému ERA pre riadenie letovej prevádzky je nazývaná **NEO**. Systém spoľahlivo poskytuje presné dáta o polohe a chovaní objektov v reálnom čase a to na základe ich vybavením odpovedačmi vysielajúcimi v móde A/C/S. Na systéme NEO je založená letisková multilaterácia, ktorá vykonáva sledovanie pohybu lietadiel na zemi v areáli letiska a vo vzduchu v jeho bezprostrednej blízkosti. [14]

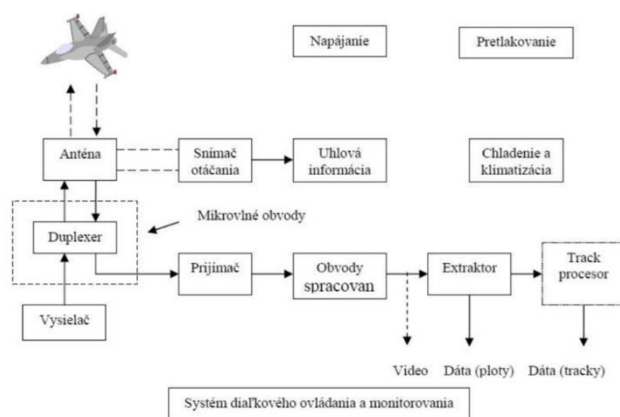
Jednotlivé zariadenia SQUID dopĺňujú a podporujú systém NEO tým, že na základe ich vysielania je možné identifikovať a sledovať ciele, ktoré nie sú vybavené palubnými odpovedačmi, teda sa jedná o letiskové vozidlá. SQUID jednotky vysielajú automaticky odpoveď v móde S a sú vybavené s GPS prijímačom, ktorý sleduje pozíciu vozidla. [15]

III. PREHĽADOVÉ RADARY

Slovo RADAR je akronym, ktorý vznikol z frázy RADio Detection And Ranging. [2]

PRIMÁRNY PREHĽADOVÝ RADAR

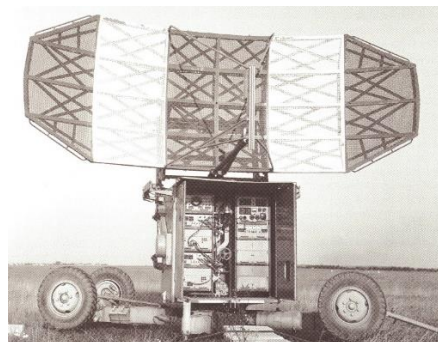
V primárnych radaroch vysielateľ vysielá radarový signál na osvetlenie cieľa a prijímač prijíma odrazené echo, aby sa mohli informácie extrahovať. Pulzný radar pozostáva z piatich základných prvkov: vysielateľ, duplexer, anténa, prijímač a indikátor. Táto zostava je znázornená na obrázku č. 3. [10]



Obrázok 3: Časti primárneho radaru – bloková schéma [10]

Najvýznamnejšou výhodou primárneho prehľadového radaru je schopnosť detekovať akýkoľvek cieľ, ktorý je v okruhu krytia. Ide o nezávislé sledovanie, keďže nie je potrebné kooperačné zariadenie na palube lietadla. Táto kladná vlastnosť je aj záporná, pretože okrem užitočných cieľov detekuje aj neúžitočné objekty (budovy, terén a pod.). [10]

V júli roku 1957 prišiel do prevádzky **Radar RL-1**, prvý primárny radar pre riadenie letovej prevádzky. Okrskový radar RL-1 umiestnený na streche riadiacej veže mal maximálny dosah 50km. **Radar OR-1** bol odvodený z mobilnej vojenskej verzie a bol inštalovaný na letisku v Prahe v roku 1958. Anténa radaru s rozmermi 6,5 x 2,4m bola pevne spojená s kabinou vybavenou modulátorom, dvojicou vysielateľov a prijímačov. [16]



Obrázok 4: Radar OR-1 na letisku v Prahe [16]

STAR-2000 je pevný, modulárny, primárny prehľadový radar koncovkej riadenej oblasti (TAR), ktorý vyhovuje civilnej ale aj vojenskej letovej prevádzke. Je skonštruovaný pre zostavenia samostatného radaru, pre združenie sa s monoimpulzným sekundárnym prehľadovým radarom alebo na prevádzku v móde S. Nástupcom STAR-2000 je **STAR-NG** (Next Generation) pracujúci v pásme S. Obsahuje funkcie proti rušeniu a taktiež je schopný poskytovať informácie o výškach a meteorologických podmienkach. [17]

Multistatický primárny prehľadový radar (MSPSR) je nezávislá sledovacia technológia, ktorá používa rozloženú architektúru vysielateľa a prijímača na detekciu lietadiel aj keď nie sú vybavené spolupracujúcim sledovacím zariadením ako je

odpovedač alebo ADS-B. MSPSR znižuje dopad na významné mobilné komunikačné spektrum, znižuje zásah veterných elektrární a redukuje náklady na údržbu. Systém je založený na bistatickom radare, kde prijímač a vysielač sú priestorovo oddelené. [18]

SEKUNDÁRNY PREHLADOVÝ RADAR

Sekundárny prehľadový radar je systém, ktorý používa vysielač aby vypočul lietadlo vybavené odpovedačom, poskytuje dvojsmerový dátový spoj na rozdielnych vysielačoch a odpovedajúcich frekvenciách. Pozemné stanice SSR skúmajú lietadlá vybavené transpondérom pomocou kódovacích dotazových impulzov na frekvencii 1030 MHz. Ak je rozstup medzi P₁ a P₂ je 8 μs, dotazovač pracuje v móde A a pýta sa na identifikáciu. Lietadlový odpovedač „počúva“ dopytový signál SSR a vysiela odpoveď na frekvencii 1090 MHz, ktorá obsahuje informácie o lietadle. [2]

Tabuľka 1: Módy odpovedača sekundárneho radaru, ich rozstupy a účely. [10]

Mód	Rozstup P ₁ – P ₃	Účel
A	8μs	Identifikácia
B	17μs	Identifikácia
C	21μs	Nadmorská výška
D	25μs	Nedefinované
S	3,5μs	Mnohoúčelová

Výhodou SSR je, že schopnosť identifikovať letovú hladinu lietadla. Medzi nevýhody patrí asynchrónne prerušenie vytvorené prijatím a upravením odpovede lietadla, ktorého odpovedač odpovedal na dotaz z cudzieho dotazovača, inak nazývané FRUIT. Ďalším problémom môže byť Garbling, kedy sa odpovede z odpovedačov dvoch lietadiel môžu prekrývať ak lietadlá letia blízko seba nezávisle od ich výšky.

Použitím monoimpulzného sekundárneho prehľadového radaru (MSSR) sa podarilo eliminovať niektoré chyby klasického sekundárneho prehľadového radaru. Presnosť určenia polohy v azimute bola zvýšená na niekoľko stotín stupňa, vyššia presnosť taktiež zabezpečuje presnejšiu trajektóriu pri trackingu. [10]

V októbri roku 1981 bola dokončená inštalácia prototypu poľského radaru AVIA-C spoločne so sekundárnym radarom KOREŇ. V roku 1993 vystriedal túto zostavu monoimpulzný sekundárny radar RSM970. Okrem radaru na Veľkom Javorníku prevádzkuje LPS od roku 2012 primárny a sekundárny radar na letisku v Bratislave v zostave STAR2000 a RSM970S a od roku 2015 nový sekundárny radar v Košiciach na kopci Mošník. [16] [19]

IV. PREBIEHAJÚCI VÝVOJ PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV

Odvetvie prehľadových systémov pre účely riadenia letovej prevádzky je oblasť, ktorá si udržuje overené zásady.

Nové systémy musia podliehať vysokým požiadavkám bezpečnosti a štandardom, ktoré vyvíjajú dôležité letecké organizácie ako ICAO, Eurocontrol a EUROCAE. Aj preto zavádzanie nových technológií je pomalšie a podrobne overované.

SLEDOVANIE LETOVEJ PREVÁDZKY KAMERAMI

Diaľkovo ovládané letiská alebo inak nazývané diaľkové veže (Remote Tower - RT) zabezpečujú bezpečné a nízko nákladové letecké prevádzkové služby zo vzdialeného miesta pre jedno alebo viac letísk. Používanie RT je najvýhodnejšie pre letiská s nízkou prevádzkou, kde priradené alebo lokálne ATS sú považované za neudržateľné alebo cenovo neefektívne.

RT používajú sledovacie kamery s vysokým rozlíšením aby zachytili a digitalizovali panoramatický výhľad letiskového prostredia. Tieto kamery a senzory môžu byť situované kdekoľvek na letisku. Cez zabezpečenú sieť sú zachytené dáta vysielať ihneď do ATC veže alebo operačnej miestnosti, kde sú video dáta v reálnom čase zobrazované na obrazovkách pre kontrolórov aby mali dohľad nad celým letiskom. Okrem toho je možné pridať umelej inteligencie na poskytovanie dodatočnej bezpečnosti v podobe hlásení pre včasnú detekciu konfliktnej situácie alebo narušenie vymedzenej oblasti letiska.

Všetky zmeny v leteckom priemysle sú regulované striktnými bezpečnostnými pravidlami. Diaľkové veže sú požadované poskytovať službu, ktorá je aspoň tak bezpečná alebo bezpečnejšia ako súčasné služby. [20]



Obrázok 5: Riadenie letovej prevádzky z diaľkovej veže [Zdroj: <https://www.ifatca.org/remote-towers-guidance/>]

KOMBINÁCIA PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV

Podobne ako A-SMGCS kombinuje primárnu (SMR) a sekundárnu (MLAT) rádiolokáciu, tak sa čím ďalej častejšie používajú kombinácie jednotlivých prehľadových systémov pre oblasť priblíženia a En-Route. V súčasnej dobe existujú dátové fúzie ako napr. ARTAS, ktoré dokážu spojiť jednotlivé prehľadové systémy a využiť výhody jednotlivých systémov.

ARTAS (ATM surveillance Tracker And Server – ATM prehľadový tracker a server) je systém spracovania sledovacích dát rozmiestnený po Európe vytvorený Eurocontrolom. Je schopný spracovať správy o sledovacích údajoch z klasických radarov, módu S, ADS-B a WAM. Ponúka

používateľom najlepšiu možnú situáciu o letovej prevádzke v reálnom čase s vysokou presnosťou a spoľahlivosťou.

Jednotlivé sledovacie senzory sú pripojené na regionálnu prehľadovú sieť a jednotky sú taktiež pripojené k tejto sieti. Každá ARTAS jednotka spracováva sledovacie dáta prijaté na sieť a pracuje ako server. Prostredníctvom systému distribúcie sledovacích údajov sú poskytované nepretržité údaje o trati lietadla pre ATC a iné systémy (napr. terminálové oblasti, vojenské jednotky, jednotky riadenia toku), ktoré sú pripojené k sieti. V dnešných dňoch sleduje ARTAS 90 % Európskych denných letov v 43 centrách riadenia letovej prevádzky. [21]

TRACKOVANIE UTM

Pre riadenie letovej prevádzky sú radary neodmysliteľnou súčasťou a ich vývoj zjednodušuje prácu riadiacich. Jedným z novodobých trendov sú UAVs tzv. drony. Drony sú diaľkovo ovládané lietadlá bez posádky. Avšak v dnešnej dobe sú veľkým problémom pre riadenie leteckej prevádzky.

Nemecký systém PHOENIX používa dáta o pozícii zo všetkých civilných aj vojenských SSR a Mód S radarov, multilaterálnych systémov, ADS-B a SMR senzorov pre vypočítanie letovej situácie pre ATC a ATM. Tento systém bol preto vybraný pre sledovanie a trackovanie prevádzky dronov. [22]

Integráciu letectva s posádkou je kľúčovou bezpečnostnou funkciou na sledovanie UTM. Systémy UTM nebudú dostatočne prispievať k bezpečnosti letectva, ak sa letectvo s posádkou v tomto vzdušnom priestore nevníma v kombinácii s prevádzkou dronov. Hlavnou hrozbou sú kolízie medzi dronmi a nízko letiacimi lietadlami najčastejšie v blízkosti letiska.

V. ZÁVER

Prehľadové systémy sú neodmysliteľnou súčasťou leteckej dopravy. Už v polovici 19-teho storočia sa začali prvé pokusy sledovania objektov. Neskôr tieto teoretické poznatky prešli do praxe a boli vytvorené rádiolokačné zariadenia, ktoré pomáhali v prvej svetovej vojne sledovať nepriateľské lietadlá. Postupom času sa začali vyvíjať nové prehľadové technológie ako napríklad pasívne prehľadové systémy, ktorých priekopníkom bola Česká Republika.

Kategorizácia prehľadových systémov sa delí na závislé a nezávislé, kooperatívne a nekooperatívne. Systém multilaterácie patrí medzi nezávislé kooperatívne systémy a funguje na princípe takzvaného rozdielu času príchodu signálu. I keď multilaterácia je v podstate moderná technológia jej začiatky siahajú do obdobia prvej svetovej vojny. Existuje množstvo aplikácií MLAT ale najvýznamnejšia je Wide-Area MLAT, ktorá pokrýva širokú oblasť letísk a je presnejšia a cenovo menej náročná ako sekundárny radar. Do vývoja prehľadových systémov patrí aj ADS-B ako systém, ktorý je inštalovaný na palube lietadla a vysiela informácie o polohe nezávisle na dotazoch od pozemných zariadení. Zavedením ADS-B sa umožnilo zmenšenie rozstupov a zväčšenie počtu tratí a hlavnou výhodou je, že sledované sú aj lietadlá v oblastiach bez radarového pokrytia. Vesmírne ADS-B používa to isté vybavenie

ale prijímače sú umiestnené na obežnej dráhe Zeme. Tento systém je bezpečnejší a efektívnejší a pokrýva oceány a polárne oblasti.

Prehľadové radary sú elektromagnetické prístroje určené na detekciu a sledovanie lietadiel. V práci sme opisali princíp činnosti, jednotlivé časti aj výhody a nevýhody primárnych aj sekundárnych prehľadových radarov. V podkapitolách história a vývoj sme sa zamerali na radary používané na letiskách v Českej aj Slovenskej republike. Vývojom radarov je hlavne ich postupné zvyšovanie dosahu a pridávanie nových funkcií. K primárnym radarom taktiež patrí multistatický radar, ktorý znižuje prevádzkové náklady. Sekundárny radar potrebuje na svoju činnosť odpovedač na palube lietadla. Odpovedače pracujú v rôznych módoch a podľa toho sa určuje, ktoré informácie budú odoslané. K špeciálnemu druhu sekundárnych radarov patrí monoimpulzný sekundárny prehľadový radar, ktorý odstraňuje niektoré nevýhody klasického radaru.

Cieľom práce bolo analyzovať históriu a vývoj prehľadových systémov pre účely riadenia letovej prevádzky. Aj preto sme sa v poslednej kapitole zamerali na súčasný vývoj sledovacej technológie. V prvej časti opisujeme princíp fungovania diaľkových veží. Táto technológia môže do budúcnosti zjednodušiť riadenie letovej prevádzky aj zníženie nákladov letísk s nižšou prevádzkou. Druhá časť tretej kapitoly zachytáva činnosť jednotky ARTAS ako kombinácie viacerých prehľadových systémov, kde sú užívateľom poskytované informácie o letovej prevádzke v reálnom čase.

REFERENCIE

- [1] SKOLNIK, M. I. *History of radar*. [online]. [cit. 2020.02.20.] Dostupné na internete: <https://www.britannica.com/technology/radar/History-of-radar>
- [2] HABIBUR, R. 2019. *Fundamental Principles of Radar*, Boca Raton: Taylor & Francis Group 2019. 321 s. ISBN 978-1-138-38779-9.
- [3] OCHOTNICKÝ, J. - ŠPIRKO, Š. - CIBIRA, G. 2008. *Rádiolokácia a Rádionavigácia*, 1. vyd. Liptovský Mikuláš: Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, 2008. 228 s. ISBN 978-808040-354-6.
- [4] KAUCKÝ, S. 2004. Proč nemohou přijít Vere na jméno. In *ATM*, 2004, č. 7, s. 6-8.
- [5] KOUKAL, M. 2012. Tamara i Vera nemely o nápadníky nouzi. In *21. STOLETÍ*, 2012, č. 5, s. 20-21.
- [6] SIMON22. 2013. *Skvelé pasívne radary Ramona Tamara, Vera, vidia neviditeľné?*. [online]. [cit. 2020.04.04.] Dostupné na internete: <https://simon22.blog.pravda.sk/2013/09/10/skvele-pasivne-radary-ramonatomara-vera-vidia-neviditelne/>
- [7] Era a.s. 2020. *Vera-NG videt a nebýt viden*. [online]. [cit. 2020.04.04.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/military-security/vera-ng>.
- [8] Era a.s. 2014. *Vera-NG by Era*. [online]. [cit. 2020.04.04.] Dostupné na internete: <http://old.era.aero/products/vera-by-era/>.
- [9] GAVIRIA, I. A. M. 2013. *New strategies to improve multilateration system in air traffic control*, 1. vyd.

- Valencia: Universitat Politecnica de Valencia, 2013. 284 s. ISBN 978-84-9048-089-2
- [10] NOVÁK, A. 2015 *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve*, Bratislava: DOLIS s.r.o., 2015. 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5
- [11] Era a.s. 2007. *Multilateration & ADS-B executive reference guide* [online]. [cit. 2020.04.10.] Dostupné na internete: <http://www.multilateration.com/>
- [12] Skybrary.aero. 2020. *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* [online]. [cit. 2020.04.11.] Dostupné na internete: [https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_Broadcast_\(ADS-B\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_Broadcast_(ADS-B)).
- [13] MAXSON, G. 2011. *A Brief History of ADS-B*. [online]. [cit. 2020.04.11.] Dostupné na internete: <http://adsbforgeneralaviation.com/a-brief-history-of-ads-b/>.
- [14] Aireon.com. 2020. *Global Air Traffic Surveillance*. [online]. [cit. 2020.04.12.] Dostupné na internete: <https://aireon.com/services/>.
- [15] Era a.s. 2020. *NEO*. [online]. [cit. 2020.04.15.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/air-traffic-management/neo>
- [16] Era a.s. 2020. *SQUID*. [online]. [cit. 2020.04.15.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/air-traffic-management/squid>
- [17] UHLÍŘ, I. 2017. *Historie Radarů pro řízení letového provozu*, Řízení letového provozu ČR, s.p., 2017. 105 s. ISBN 978-80-905939-2-3
- [18] WOLFF, C. *STAR-2000*. [online]. [cit. 2020.04.13.] Dostupné na internete: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/03.atc/karte014.en.html>
- [19] Era a.s. 2013. *Era launches its Silent Guard demonstrator for passive detection of non cooperative flying targets*. [online]. [cit. 2020.04.15.] Dostupné na internete: <http://old.era.aero/news/132/59/ERA-launches-its-Silent-Guard-demonstrator-for-passive-detection-of-non-cooperative-flying-targets/>.
- [20] Era a.s. 2020. *ERA pokřtila radar SICORRA na NATO Days* [Online]. [Available: <https://www.era.aero/cs/onas/novinky/era-pokrtila-radar-sicorra-na-nato-days-1>].
- [21] Thales. *RSM 970 S*. [online]. [cit. 2020.04.14.] Dostupné na internete: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/14.ssr/pubs/RSM970.pdf>
- [22] China. 2018. Need for standardisation and guidance material for digital tower and remote tower. In *55th CONFERENCE OF DIRECTORS GENERAL OF CIVIL AVIATION ASIA AND PACIFIC REGIONS*. Denarau Island, 2018. 4 s.
- [23] Eurocontrol. 2020 *Air Traffic Management surveillance tracker and server*. [online]. [cit. 2020.04.25.] Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/product/air-traffic-management-surveillance-tracker-and-server>.
- [24] GODDEMEIER, Niklas - HEIDGER, Ralf - JANKE, Christian. 2018. *UTM Tracking of Drones at the Dronemasters' Dronathon Berlin 2018*. [online]. [cit. 2020.05.05.] Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/330535263_Comparative_assessment_of_for_airborne_tracking_communication_and_surveillance_of_UAS_-_UTM_Tracking_of_Drones_at_the_Dronemasters'_Dronathon_Berlin_2018_
<httpwwwsmartroboticsdeUTMTrackingatDMC2018pdf>.
- [25] Era a.s. 2020. *Z dějin společnosti*. [online]. [cit. 2020.05.06.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/onas/history>
- [26] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. *Airport Design and Operation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [27] NOVÁK, A. 2005. Radio direction finding in air traffic services. *Promet - Traffic - Traffico* 17(5), pages 273-276.
- [28] NOVÁK, A. 2006. Modern telecommunication networks in the aeronautical telecommunication network (atn). *Aviation* 10(4), pages 14-17
- [29] NOVÁK, A., HAVEL, K., & JANOVEC, M. 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport žilina. *Transportation Research Procedia* 28, pages 117-126. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.176
- [30] NOVÁK, A., HAVEL, K., ADAMKO, P. 2019. Number of conflicts at the route intersection – Minimum distance model. *Aviation* 23(1), pages 1-6.
- [31] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- Terézia Juríková –narodená v Bytričanoch absolvovala v roku 2017 Piaristické Gymnázium F. Hanáka v Prievidzi, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Počas letných sezón 2018 pracovala ako letuška v leteckej spoločnosti Travel Service a v 2019 v spoločnosti Go2Sky.