

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Ústav letecké dopravy



Jindřich Duda

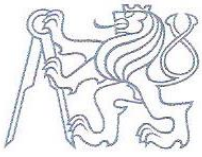
## **Využití Big Data analýz v letectví**

Utilization of Big Data Analysis in Aviation

Bakalářská práce

Praha, 2016

Vedoucí práce: Ing. Peter Vittek, Ph.D.



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta dopravní**

**d ě k a n**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

**K621..... Ústav letecké dopravy**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Jindřich Duda**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LED – Letecká doprava**

Název tématu (česky): **Využití Big Data analýz v letectví**

Název tématu (anglicky): Utilization of Big Data Analysis in Aviation

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Definice problematiky Big Data a popis možností využití
- Současné využití Big Data v letectví
- Analýza dostupnosti datových sad pro aplikaci Big Data
- Aplikace nástrojů na dostupné datové sady

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: R. Murugan - Big Data Infrastructure for Aviation Data Analytics  
A. Koele - Aviation security engineering a holistic approach  
V. M. Schoneberger, K Cukier - Big data a revolution that will transform how we live, work, and think

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Peter Vittek, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **25. října 2015**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA  
vedoucí  
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jindřich Duda  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 25. října 2015

**Poděkování:**

Mé poděkování patří vedoucímu práce Ing. Peter Vittek, Ph.D., kterému velmi vděčím za čas, ochotu, trpělivost a konstruktivní připomínky, bez nichž by se práce neobešla.

**Prohlášení:**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 25. srpna 2016

podpis.....

**Klíčová slova:**

Big Data, věk dat, internet věcí, Hadoop, Big Data v letectví

**Key words:**

Big Data, Age of Data, Internet of Things, Hadoop, Big Data in Aviation

**Abstrakt:**

Práce se zabývá problematikou fenoménu Big Data a výhodami oproti tradičním metodám. Práce si stanovuje za cíl hlouběji analyzovat tuto problematiku se zaměřením na konkrétní příklady. Práce nabízí příklady využití Big Data v leteckém odvětví.

**Abstract:**

The Bachelor thesis is focused on the issue of phenomenon Big Data and describes advantages over traditional methods. The objective of the thesis is a further analysis of the issue with a focus on particular examples. Thesis provides examples of the use of Big Data in the aviation industry.

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Definice problematiky Big Data a popis možností využití</b>	<b>10</b>
2.1	Definice Big Data	10
2.2	Rozdělení charakteristiky Big Data	11
2.2.1	Objem	11
2.2.2	Rozmanitost	11
2.2.3	Rychlost	12
2.2.4	Další charakteristiky	12
2.2.5	Datová sada	13
2.2.6	Datové sady v letectví	13
2.3	Big data v letectví	16
<b>3</b>	<b>Současné využití Big Data v letectví</b>	<b>17</b>
3.1	Internet of Things	17
3.2	Využití IoT v letectví	18
3.2.1	RFID	18
3.2.2	NFC technologie	19
3.3	Evoluce sběru leteckých dat	19
3.3.1	Počátek zaznamenávajících systémů	19
3.4	Zefektivnění letových cest	24
3.4.1	RNAV - Area Navigation	25
3.4.2	Required Navigation Performance	28
3.5	NextGen	29
3.5.1	Historie a vývoj	29
3.5.2	Výhody NextGen	29
3.6	NexGen komponenty	30
3.7	Využití Big Dat k zvýšení security na letištích	31
3.7.1	Předpisy na ochranu civilního letectví	32
3.7.2	Prescreening	33
3.7.3	Systém předběžného hodnocení cestujících	34
3.7.4	Bezpečnostní detektory	36
3.7.5	Checkpoint of the Future	37
3.8	Identifikace obličeje	38
3.8.1	Principy rozpoznávání obličeje	39
3.8.2	Lokalizace obličeje	40
3.8.3	Využití na letištích	40
<b>4</b>	<b>Analýza dostupnosti datových sad pro aplikaci Big Data</b>	<b>42</b>
4.1	Apache Hadoop	42
4.1.1	HDFS	42
4.1.2	Výhody HDFS	43
4.1.3	MapReduce	43
<b>5</b>	<b>Aplikace nástrojů na dostupné datové sady</b>	<b>45</b>
5.1.1	Mosaik ATM	45
5.1.2	PROS	45
5.1.3	masFLIGHT	46
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>47</b>

<b>7</b>	<b>Použité zdroje .....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>53</b>

# 1 Úvod

Ekonomie a odborná veřejnost, od doby založení vědního oboru, umísťuje na pomyslný žebříček komidit na nejcenější místo čas. Posun v technologii tuto teorii přinejmenším zpochybňuje. Data jsou všude kolem nás. V dnešním světě sociální interakce firmy napříč všemi odvětvími průmyslu získávají nespočetné množství dat, které je jen z malé části využitelné. Především kvůli technologické náročnosti zavedení do stávajícího firemního softwaru. Z dat můžeme získat informace. Integrace datové analýzy do podniku přinese informace, které mohou sloužit k upravení firemní strategie a k získání náskoku před konkurencí. Dalším zmiňovaným problémem je fakt, že firmy sice vědí o existenci technologií na řešení problematiky Big Data, ale tato znalost dosahuje jen základních a povrchních informací. Společnosti zabývající se vytvářením softwaru na Big Data musí být progresivnější v edukaci svých cílových skupin a zvýšit svoji nabídku, protože poptávka na trhu je a je velmi pravděpodobné, že bude mít jen stoupající tendenci.

Cílem této bakalářské práce je definování a porozumění fenoménu Big Data. Ten je již několik let významnou součástí procesu analýzy velkých obchodních podniků v rámci jejich aktivity a hodnocení úspěšnosti. Ačkoliv, letecké společnosti využívají svá data k získání přehledu o kvalitách svých služeb, jedná se ve většině případech, pouze o využití v business modelech. Zároveň letecký průmysl reaguje, v poslední dekádě, na zvýšené riziko a realizuje projekty na zvýšení safety a security zabezpečení ve všech stádiích provozu letecké dopravy a Big Data mohou být velkým přínosem.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola nabízí definici a základní rozdělení charakteristik. Kdy následně každá jednotlivá charakteristika je podrobněji popsána. Finálním tématem první kapitoly je využití Big Data v letectví. V práci je nastíněn průběh vývoje od deregulace letecké dopravy a rozšíření nízkonákladových společností až po současnou situaci, kdy jsou společnosti schopné získávat data nejen z obchodní a marketingové analýzy, ale i informace o průběhu letu.

Druhá kapitola formuluje využití Big Data přímo v leteckém průmyslu. V kapitole je popsán způsob využití internetu ke komunikaci mezi jednotlivými komponenty letounu a návaznost tématu Internet of Things na Big Data. Jsou zmíněny způsoby realizace <sup>1</sup>IoT v podobě radiofrekvenčních systémů a moderních snímačů. Posun v analytice Big Data zkvalitnil a zefektivnil letové trasy. V práci je zmíněn program Next Gen, který cílí k modernizaci letového prostoru, a jeho komponenty jsou jednotlivě obsáhleji rozebrány. Druhá kapitola se rovněž snaží o interpretaci a zmapování vývoje záznamových zařízení a potenciální využití

---

<sup>1</sup> Internet of Things: komunikace mezi jednotlivými komponenty s využitím internetu



v dnešním stádiu pokročilé technologie. Posledním tématem druhé kapitoly, vzhledem k získávání dat, je zajištění security na letišti. V práci jsou uvedeny příklady systému využívající tzv. prescreening a konkrétní typy dat, jenž jsou získávány během kontrolních procesů. Dále je v kapitole rozebrána technologie identifikace člověka pomocí kamerového systému.

Třetí kapitola se zaměřuje na představení technologie pro správu Big Dat. Hadoop je nejčastěji preferovanou volbou pro spravování velkého objemu dat, a proto je v textu zmiňován. V poslední kapitole jsou softwary využívající Hadoop technologii se zaměřením na letectví. Jsou zde uvedeny příklady softwaru, které jsou realně využívány v leteckém průmyslu.

## 2 Definice problematiky Big Data a popis možností využití

### 2.1 Definice Big Data

Produkce dat ve světě stále roste a s narůstajícím objemem dat je čím dál tím složitější tyto nashromážděná data analyzovat a následně aplikovat, natož tento proces zpracovat v reálném čase. Termín Big Data používáme pro označení dat, jejichž velikost se stává problémem pro jakékoliv jejich uchopení: uložení, analyzování, aplikování. Podíváme se na data pohledem informatika, zjistíme, že se transformují do digitální podoby, ve které jsou zapsány v podobě bajtů v operační paměti nebo popřípadě v jiném úložišti. Velmi zjednodušeně mluvíme o datech zapsaných v 0 a 1.

Pro přesné vysvětlení Big Dat existuje několik definic, kdy každá velká společnost si vytvořila a nabízí vlastní popis. Každá tato definice má se liší drobnou anomálií, ale podstata zůstává stejná. Vlastní definici si vytvořily světové firmy jako Oracle, Microsoft a Intel. Jedna z nejznámějších a nejuváděnější definic je od technologicky-výzkumné firmy Gartner: „*big data je termín aplikovaný na soubory dat, jejichž velikost je mimo schopnosti zachycovat, spravovat a zpracovávat data běžně používanými softwarovými nástroji v rozumném čase*“ [1]. Pro přesné pochopení si musíme rozebrat téma Big Dat více do detailů.

Mluvíme zde o datech, o velkém objemu dat. Ale je nutné dodat, že nemluvíme pouze o datech, která jsou strukturovaná. Tedy ve formě čísel, popřípadě je lze jednoduše vyjádřit v binárním kódu. S tímto typem dat můžeme provádět základní logické operace, jako sčítání, odčítání, násobení a dělení. Při práci s Big Daty pracujeme především s nestrukturovanými daty. Tedy s těmi, se kterými si nedokáží poradit běžné a out-source nástroje pro zpracování dat, jako jsou například digitální fotografie nebo videa. Dalším z běžných příkladů jsou informace skryté v digitální komunikaci. Informace ze sociálních sítí a dalších komunikačních prostředků 21. století, jak zkoumáním obsahu komunikace, tak získání informací o tom kdo, kde a s kým komunikuje. Jako poslední příklad uvedeme možnost převod dokumentů do digitální podoby a následné schraňování informací, jak z veřejného, tak komerčního sektoru. Současné propracované počítačové algoritmy jsou schopny řešit velký objem dat, která jsou strukturovaná, ale jakmile se pokusíme použít algoritmus na nestrukturovaná data, nenalezneme funkční algoritmus. Tímto práce s Big Daty skrývá velký potenciál. Snaha o pochopení a nabytí schopnosti analyzovat nestrukturovaná data je v současnosti a blízké budoucnosti jedním z hlavních cílů velkých firem napříč celým industriálním světem a ten, kdo dokáže začlenit do své výroby potřebné nástroje a technologie získá náskok do budoucna. [1] [2] [3]

## 2.2 Rozdělení charakteristiky Big Data

Firma IBM definovala Big Data základními vlastnostmi popsány v literatuře jako „3V“. Tedy definovala trojrozměrnost velikosti a růstu dat. Toto označení popisují tři dimenze:

- Volume (objem)
- Variety (typ, rozmanitost)
- Velocity (rychlost)

Každou dimenzi si podrobněji popíšeme. [4] [5]

### 2.2.1 Objem - Volume

Pokud mluvíme o Big Datech, tak jako první asociace nás napadne objem. V roce 2009 bylo na světě přes 0,8 zettabajtů<sup>2</sup> dat a s rostoucí tendencí se hranice 1 zettabajtu překročila o dva roky později. Ke konci roku 2016 se předpokládá dosažení hranice 35 zettabajtů. Z těchto dat je jasné, že křivka nárůstu není lineární, ale má tvar exponenciály.

Každým rokem se zvyšuje náročnost na kapacitu úložiště dat a případná implikace algoritmu pro práci s daty se stává čím dál, tím více složitější a zároveň musí splňovat stejné, nebo vyšší nároky na výkonost. Cílem je zvládnout efektivně využít veškerá data a získat tak lepší informace. V dnešní době je očividná snaha o analyzování veškerých dat a přestože procento dat, která jsou zpracovatelná klesá, stále vzniká „šedá zóna“ kterou nejsme zatím schopni analyzovat. Pro příklad nemusíme chodit daleko, na příklad při letu z Londýna do New Yorku se vygeneruje přes 650 terabajtů<sup>3</sup> dat. Velká část se nikdy neanalyzuje, jen v případě vzniku nějakého problému či letecké katastrofy. Zároveň, ale tyto nevyužitá data mohou pomoci při prevenci a mohou také nabídnout nový pohled na optimalizaci letecké dopravy.

### 2.2.2 Rozmanitost - Variety

Rozmanitost, různost popřípadě variabilita dat je dimenzí. Data, která vznikají nejsou vždy v strukturované podobě a nelze s nimi pracovat s takovou lehkostí. Podíl strukturovaných a nestrukturovaných dat je 1:80. To je další důvod proč je potřeba rozvíjet technologie pro práci s Big Daty. Firma Gartner definuje nestrukturovanost dat jako „obsah, který není v souladu s konkrétním, předem definovaným datovým modelem. Tento obsah je generován lidmi, je orientován na lidi a není primárně určen do databázových tabulek“. Nestrukturovaný

---

<sup>2</sup> Zettabajt =  $10^{21}$  bajtů

<sup>3</sup> Terabajt =  $10^{12}$  bajtů

obsah má mnoho podob, jako například: textové soubory, semi-strukturovaná data (xml), geografická data, atd. Na příkladu podniku si ukážeme kolik má podob nestrukturovaný obsah podob, jako jsou například obchodní dokumenty, emaily a v neposlední řadě webový obsah. Každou jednotlivou podobu obsahu komunikace jsou dnes podporovány vyspělou technologií, která je zaměřená a směřovaná na správu obsahu spíše než na následnou pokročilejší analýzu. I tak ale tyto softwarové aplikace můžeme brát za základ správy Big Data. Zde se znovu dostáváme k tématu „šedá zóna“, kdy existuje množina dat, ale chybí snaha k následné práci.

### **2.2.3 Rychlost - Velocity**

Rychlost vzniku a změna dat. Velocity je definována jako rychlost, kterou data vznikají či přicházejí do podniku a jsou zpracovávány či z nich jsou vyvozeny správné závěry. Napříč všemi odvětvími, avioniku nevyjímaje, je schopnost rychle pochopit a následně reagovat na nová data považována za tu schopnost, která přináší velkou konkurenční výhodu. Čím větší reakce na vývoj událostí, tím větší agilita na trhu.[4]

### **2.2.4 Další charakteristiky**

K základní „3V“ charakteristice Big Dat se dále ještě přidávají další. [6] [7]

#### **Veracity – věrohodnost**

Veracity neboli věrohodnost dat je vystižení, které přidává společnost IBM. Big Data technologie poskytují společností možnosti analyzovat veškerá dostupná data a získat tak širší přehled o všech fázích letu. Komplikace v této snaze je, že tyto data obsahují nejen užitečné informace, ale řada dat se nemusí na průběhu letu projevit a je tak zbytečné, aby se shromažďovaly a zabíraly kapacitu úložiště. Dalším typem nevyžádaných dat jsou taková, která obsahují informace o průběhu a kvalitě letu, ale zároveň obsahují i rušivý nežádaný šum, který užitečné informace zkreslí nebo z nasbíraných dat utvoří nepravdivé informace

#### **Value – hodnota**

Data sama o sobě nemají takovou hodnotu, aby bylo dosaženo úplného potenciálu musí dojít k přeměně dat na informace. Hodnota spočívá v účinnosti přeměny dat na informace

#### **Volatility – Proměnlivost**

V problematice Big Data není cílem sesbírat všechna možná data, nejen, že je tu problém s kapacitou úložiště, kdy je potřeba zajistit, aby se shromažďovala jen ta data, která mají souvislost s řešenou problematikou. Ale také se musí při stanovení určit jak dlouho, z časového hlediska, bude určitý typ dat potřeba. Jinak řečeno, v jaké fázi letu jsou pro nás

daná data užitečná. Tím jak snižujeme objem shromažďovaných dat, tím snižujeme časovou prodlevu analyzování dat. Tato charakteristika je velmi důležitá při vyhodnocování v režimu real-time.

### **2.2.5 Datová sada**

Je množina dat tvořená jednotkami dat, záznamy se shodnými, popřípadě slučitelnými formáty, které jsou v uložišti (nosiči dat) zapsány podle předepsaného způsobu a lze je podle své vlastní charakteristiky přeskupit do nového souboru dat. Datové sady jsou přístupné [8]

### **2.2.6 Datové sady v letectví**

Data, která jsou vyprodukována leteckou dopravou můžeme rozdělit do dvou základních skupin. Letecké společnosti již dlouhodobě využívají tzv. „data o zákaznících“. Tento typ dat je produkován několika metodami, které mají za úkol nabídnout zákazníkovi služby společnosti, pokud možno za co nejvyšší zisk, ale zároveň musí respektovat množství nabídky na trhu a přizpůsobit se zákazníkovi. V opačném případě může dojít ke ztrátě loajality a cílový zákazník je nucen přijmout výhodnější nabídku konkurence.

Konkurenční boj leteckých společností, který byl odstartován cílenou deregulací letecké dopravy na území USA v 70. letech a připojení Evropy v druhé polovině 80. let. Měl za následek vznik nízkonákladových přepravců a zavedení zlevněných cenových tarifů pro letenky zakoupené s časovým předstihem či pro zákazníky, kteří patřili do věrnostního klubu. Letecké společnosti byly nuceny začít boj o zákazníka, aby se jejich lety nestaly ztrátovými. Konkurence implementovala do prostředí leteckých společností postupy s cílem zajistit nejvýhodnější nabídku a tím naplnění kapacity letadla.

V 80. letech letecké společnosti byly odkázány na využití dotazníků, věrnostních programů a v neposlední řadě na své vlastní statistiky. Ještě před 15 lety bylo možné pořídit nejlevnější letenku těsně před startem. To se změnilo příchodem internetu. Dnes je běžné a leteckými společnostmi preferováno provést odbavení online, podáte zprávu o počtu svých zavazadel a zvolíte si místo v letadle. Pokud to dopravce na dané lince poskytuje, tak existuje možnost zvolení typu jídla, který zákazníkovi vyhovuje. Dopravce s časovým předstihem získá hrubý odhad o počtu pasažérů, počtu zavazadel a také získá informace, které může využít k vylepšení svých služeb. Takové údaje nazýváme PNR (Passenger Name Record), pod čímž si můžeme představit digitální údaj o konkrétním cestujícím, o jeho předešlých cestách, údaje o národnosti, bydlišti, čísle kreditní karty, atd. Databáze typu PNR jsou spravovány v centrální databázi GDS (Global Distribution Systems). Nejrozšířenějšími globálními distribučními systémy jsou systémy SABRW a GALILEO/APOLLO, které jsou konstruovány

pro trh v USA. Na evropské scéně je hojně využíván systém AMADEUS, který je používám např. ČSA.

Sociální media zajišťují dostatečnou zpětnou vazbu a zajišťují komunikaci mezi společností a cestujícím.

Druhou skupinou jsou data, která nemají s interakcí se zákazníkem nic společného, ale i tak představují pro letecké společnosti zdroj pro zlepšení vlastností jednotlivých letů. Tato data jsou získávána ze senzorů umístěných na letadle, které po zanalyzování podávají informace o poryvech větru, vlhkosti, tlaku vzduchu a teplotě v každém úseku trati letu. Jedna z hrozeb, která je neovlivnitelná a která může vést ke zpoždění letu či k jeho úplnému zrušení, jsou meteorologické podmínky. Dnešní technologie jsou schopny predikovat podmínky, které budou panovat v průběhu letu na trati a tak je možné s dostatečným časovým posunem trať letu změnit a zabránit tak zpoždění. V případě, že není možný let z důvodu špatných meteorologických podmínek na jednom z letišť jsou dopravci schopni pasažérovi tuto informaci poskytnout a nabídnout alternativní řešení.

Zpoždění či úplné zrušení letu představuje pro letecké společnosti nečekanou finanční zátěž. Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 261 z roku 2004 je letecká společnost, která je za let odpovědná, povinna uhradit škodu, pokud je zpoždění do cílové destinace delší než 3 hodiny. Cestující má poté nárok na tabulkovou sazbu s rozdílem podle vzdáleností a podle polohy letišť. [9] [10]

#### **V rámci letu v EU**

- Do 1 500 km 250 EUR
- Nad 1 500 km 400 EUR

#### **V rámci letu mezi EU a letišťem mimo EU**

- Do 1 500 km 250 EUR
- Mezi 1 500 a 3 500 km 400 EUR
- Nad 3 500 km 600 EUR

V tabulkách níže je uveden počet letů, které byly zpožděny, resp. zrušeny. První tabulka se týká dne 13.8.2016, druhá dne 14.8.2016

Tabulka 1 . Zpožděné a zrušené lety ve dne 13. a 14. 8.

13.8.2016	Severní Amerika	Evropa	Asie, Pacific
<b>Zpožděné lety</b>	6 741	4 805	7 207
<b>Zrušené lety</b>	630	90	253

14.8.2016	Severní Amerika	Evropa	Asie, Pacific
<b>Zpožděné lety</b>	7 134	4 049	6441
<b>Zrušené lety</b>	530	80	193

Společnost Travel Service má ve své flotile Boeing 737-800, který má kapacitu 189 míst a Airbus A320 s kapacitou 180. Pokud by došlo ke zpoždění letu na trase Praha – Madrid, se vzdáleností více jak 1 700 km a časovým zpožděním více jak 3 hodiny. Znamenalo by to náklady ve výši 76 500 EUR (2 041 200 Kč), resp. 72 000 EUR (1 944 000 Kč) při plné obsazenosti letadla.

Každá letecká společnost má dlouhodobě dopředu naplánovaný harmonogram služeb posádek letadla. Je nutné dodržet všechny standarty, které plynou z předpisů. Pokud má let zpoždění, tak má zpoždění i posádka daného letu. To vede k narušení plánu služeb a je nutné provést změnu plánu posádky. Tento proces je přiblížen v poslední kapitole.

Tabulka 2. Zpožděné odlety v rozmezí 2008 - 2016

Rok	Odlet na čas	Odlet na čas (%)	Zpoždění odletu	Zpoždění (%)	Zrušené lety	Zrušené lety (%)
<b>2008</b>	2,319,519	77.43%	605,320	20.21%	70,671	2.36%
<b>2009</b>	2,191,847	82.31%	427,979	16.07%	42,970	1.61%
<b>2010</b>	2,133,633	81.24%	435,068	16.57%	57,717	2.20%
<b>2011</b>	1,963,071	78.39%	472,267	18.86%	68,901	2.75%
<b>2012</b>	2,120,878	84.96%	348,735	13.97%	26,615	1.07%
<b>2013</b>	2,106,623	80.51%	466,469	17.83%	43,520	1.66%
<b>2014</b>	1,799,965	75.34%	509,627	21.33%	79,494	3.33%
<b>2015</b>	1,885,359	79.03%	446,541	18.72%	53,715	2.25%
<b>2016</b>	1,906,288	83.25%	353,699	15.45%	29,839	1.30%

Ač technologický pokrok, kterého jsme v posledních letech svědky, umožňuje snížení zpoždění na minimum, stále je tu poměrně velká pravděpodobnost, že náš let bude zpožděn. Jak je vidět v grafu křivka symbolizující zpoždění nemá klesající tendenci. Spíše naopak, kdy speciálně rok 2014 zaznamenal nejvíce zpožděných a zrušených letů. Za zpoždění letu

nemusí nést vinu jen letecká společnost či meteorologické podmínky, ale i cestující, kteří nedbají stanovených doporučení. Každým pozdním odbavením je let vystaven riziku zpoždění. Dalším viníkem může být špatný technický stav letadla

Letectví je jeden z technologicky nejvyspělejších oborů, ale zároveň je to obor, kde je kladen velký důraz na zabezpečení a bezpečnost v každé dílčí části. Každá technologie musí splňovat přísná mezinárodní kritéria a projít řadou zkušebních testů. Tím se zařazení technologie značně zpozdí.

## **2.3 Big data v letectví**

S nárůstem shromažďovaných dat a příchodem výkonnější výpočetní techniky se stala analýza big dat praktičtější. V řadě odvětví průmyslu, nejen v letectví, se začínají big data a jejich následná analýza využívat ke zvýšení konkurenceschopnosti. Práce s daty není pro letecké společnosti nic neznámého, data byla vyhodnocována od dob, kdy vnímáme letectví jako průmysl. Dřívější letadla zvládla poskytnout více jak 125 leteckých parametrů, zatímco dnešní letadla (Boeing 787) dokáží, poskytnou více jak 1000 údajů o letu a velikost nashromážděných dat se přibližuje půl terapeut za let. To vysvětluje velký nárůst big dat v letectví. Kromě dat ze samostatného letu se dále zpracovávají data z letištních hal, hangárů. Můžeme říct, že sbírání dat probíhá napříč celým leteckým průmyslem. Důkladnou analýzou a následným správným zpracováním takového množství dat dosáhneme ke zkvalitnění leteckých procesů a ke zvýšení bezpečnosti a komfortu letecké přepravy. Konkrétně můžeme dosáhnout zvýšení bezpečnosti letů, snížení provozního zpoždění, snížení spotřeby a dosáhnouti efektivnějšího a ekonomičtějšího letu. Firma Honeywell Aerospace se stala průkopníkem ve vyhodnocování dat pro prediktivní údržbu a diagnostiku. Pro správu dat využívala PTMD (Predictive Trend Monitoring and Diagnostics).



## 3 Současné využití Big Data v letectví

S více jak 35 miliony odletů za rok se stávají data základním nástrojem pro plánování a zlepšení služeb poskytnuté jednak leteckými společnostmi, tak letišti. Letecký průmysl je nucen shromažďovat a zužitkovat veškerá získaná data, podobně jako tomu činí velké mezinárodní obchodní řetězce.

Většina leteckých společností již dnes sbírá velké množství dat, které archivuje. Nicméně stále neexistuje dostatečná snaha získat „CUSTOMER INTELLIGENCE“

- CI: shromažďování a analyzování dat ohledně chování zákazníka, jeho popis a jeho aktivitu, s cílem zlepšení a zvýšení efektivity strategického rozhodování

Většina analytických systému je schopna data získat, uložit a následně je vyhodnocovat. Pro efektivnější využití je potřeba s daty pracovat v reálném čase během letu. Tím zajistíme optimální spotřebu paliva, zvýšíme efektivitu motoru a snížíme náklady na údržbu. Při použití senzorů můžeme zjistit neobvyklé chování systému a tím můžeme předejít riziku letecké nehody.

Základní příklady využití analýzy dat:

1. Tyto složité výpočetní metody slouží ke zvolení optimální trasy letu, vyhnutí se špatnému počasí, snížení nákladů a snížení časového zpoždění. Potenciální zisky efektivity ze sběru těchto dat jsou enormní. V komerčním letectví by mohlo pouze jednaprocentní zlepšení v šetření paliva vést k úsporám 30 miliard dolarů v příštích 15 letech
2. Letecké společnosti získávají enormní množství dat díky internetu. Základem je online komunikace se zákazníkem, jako je online odbavení, výběr sedadla, srovnání cen a online nákup letenek. Dalším zdrojem dat je sledování letu pomocí senzorů umístěných na letadle, které v případě potřeby informují personál údržby o nutnosti výměny opotřebovaných dílů [11]

### 3.1 Internet of Things

Technický pokrok, jehož jsme svědky v poslední dekádě a rozvoj mobilního internetu umožňuje internet využívat jako nástroj pro propojení různých fyzických objektů reálného světa se světem virtuálním. Můžeme tvrdit, že potenciál internetu využíváme jako lidstvo na hranici možností, Internet věcí je jen dalším krokem ve vývoji internetu. Základní princip myšlenky propojení fyzického a virtuálního světa je zrealizování datové komunikace mezi

člověkem a nástroji, které ke svému životu využívá. V takovém případě lze mluvit o zajištění propojení z jakéhokoliv místa v libovolném čase s jakoukoli věcí.

V roce 2010 se ve světě využívalo téměř 1,5 miliardy počítačů a přes 1 miliardu chytrých telefonů s internetovým připojením, dnes o pár let později se posunujeme do fáze, kdy dochází k mnohem většímu propojení širšího spektra zařízení. Sundmaeker ve své publikaci předvídá, že nárůst počtu propojení v roce 2020 by mohl dosahovat až 100 miliard zařízení. [12] [13]

## **3.2 Využití IoT v letectví**

Avionika je dynamický obor průmyslu, kde je kladen velký důraz na využívání vyspělých a bezpečných technologií. Letecké společnosti a výrobci letadel se díky zavedení moderních technologií dostávají do bodu, kdy jsou schopni získávat téměř veškerá data a to jak o průběhu letu, tak o stavu letadla během letu. Možnost využití bezdrátového monitorování stavu jednotlivých částí letadla s téměř nulovou odezvou zvyšuje efektivitu, komfortnost a bezpečnost letu. Moderní proudový motor je již vybaven řadou senzorů, které generují několik terabajtů dat během každého letu a pomocí vyhodnocení v reálném čase se dají odhalit anomálie v proudovém motoru nebo případně časové namáhání, které je už za hranou únosnosti.

### **3.2.1 RFID**

Základní technologie pro vytvoření komunikace je RFID (Radio Frequency Identification), který se stal základem pro NFC (Near Field Communication). Radiofrekvenční systém identifikuje objekty pomocí radiofrekvenčních vln. Tento systém se lze s úspěchem využívat v téměř všech odvětvích a oblastech průmyslu, kde je potřeba rychlost a přesnost analyzování dat a reálný časový přenos informace k následné implementaci. Data jsou elektronicky ukládána do malých čipů tzv. tagů, ze kterých se dají následně načítat a v případě potřeby se mohou data opakovaně přepisovat. Dnešní čtecí zařízení jsou schopny najednou načíst několik set tagů za minutu. Informace se zaznamenávají na nosič dat – tzv. RFID tag, který je připevněn na sledované objekty, tag obsahuje malý čip s anténkou a paměť. RFID tagy jsou základem systému pro ukládání a přenos informací pomocí elektromagnetických vln. Čtecí zařízení je schopno hromadně přečíst a zaznamenat několik elektromagnetických vln. Čtecí zařízení může být pevné nebo mobilní. Vlny které vyzařuje čtecí zařízení nejprve pomocí vyslané vlny nabije čip a následně získá informace uložená v čipu. Každá RFID technologie obsahuje tzv. middleware, řídicí systém, který zajišťuje hromadné zpracování všech načtených tagů v dosahu čtecího zařízení a přenesení zpracovaných dat do návazného informačního systému. [14]

### 3.2.2 NFC technologie

NFC technologie umožňuje bezdrátovou komunikaci mezi jednotlivými elektronickými přístroji. Samotná komunikace je založena na podobném principu jako starší technologie RFID a probíhá mezi aktivním vysílačem a pasivním prvkem. Při kontaktu těchto dvou prvků systému dojde k zahájení komunikace na frekvenci 13,56 MHz a k následnému vytvoření elektromagnetického pole, které napájí pasivní přijímač. Komunikace probíhá na maximální vzdálenosti 4 cm. [15] [16]

## 3.3 Evoluce sběru leteckých dat

Ač je letectví jedním z nejbezpečnějších druhů dopravy, v průběhu svého vývoje došlo k mnoho nehodám, mnohdy smrtelným, které přivedli avioniku do stavu, jaký známe dnes. Již první krůčky v letectví doprovázely těžké nehody. Za příklad si můžeme připomenout jednoho z průkopníků letectví, Otto Lilienthal byl významný německý konstruktér, který měl za svůj život několik vážných leteckých nehod a jeho poslední let se uskutečnil 9. srpna 1896. Ten den mu prudký poryv větru zlomil křídlo stroje a Lilienthal si při pádu ze 17 metrů smrtelně poranil páteř. Tato a každá další nehoda byla branná jako možnost posunout bezpečnost letu o stupeň výš. Každá letecká nehoda a incident je vyšetřován. Chicagská úmluva o civilním letectví stanovuje pravidla, podle kterých vyšetřování nehody vede země, v jejímž vzdušném prostoru k nehodě došlo a právo zúčastnit se mají také zástupci země registrace, sídla dopravce, výrobce a konstruktérů letounu.

Za zlaté období letectví je považován industriální závod vyvolaný Druhou světovou válkou. Na svět přicházely prototypy, které měly za úkol zvrátit vítězství na jednu či druhou stranu. Po skončení války se nevyužitá vojenská technika postupně přetřansformovala na civilní, čímž došlo k náhlému rozvoji civilního letectví ve světě. První zmínky o proudovém motoru se objevily již ve 30. letech, ale jeho civilní využití se realizovalo až 2. května 1952, kdy poprvé vzlétl britský letoun de Havilland Comet. Největší chloubou Komety nebyl proudový motor, ale přetlakovaná kabina, která umožnila letět ve vyšších výškách a tak mohl stroj létat v klidnějších vrstvách atmosféry. Kombinace letu ve vyšších hladinách s hranatými okny se stala letadlu osudnou. Kolem čtvercových oken se objevovaly miniaturní trhliny, které se každým letem zvětšovaly až do stavu, kdy trhlina roztrhla trup. Vyšetřovatelé namohli nalézt na příčinu tří leteckých nehod po několik měsíců. K jejímu odhalení vedly až detailní zkoušky přetlakování.

### 3.3.1 Počátek zaznamenávajících systémů

Kdyby Comet měl zařízení, které by bylo schopno poskytnout informaci o nehodě, je velmi pravděpodobné, že by se zabránilo dalším dvěma neštěstím. Toto inspirovalo mechaniky k vytvoření spolehlivého nástroje zaznamenávající hlavní letové parametry, které by bylo

možné v případě nehody využít k odhalení příčiny. Sestavení zařízení, které by bylo schopno nahrávat, nebyl problém, ale sestrojít zařízení, které je schopno zůstat nepoškozené po pádu z výšky několik tisíc kilometrů, zůstat voděodolné v hlubinách oceánu či vydržet vysoký žár problém byl.

James Ryan si nechal patentovat svůj čtyř a půl kilový zapisovač, který nazval VGA Flight Recorder. Patent byl vydán v srpnu roku 1953. Zkratka VGA označovala zapisující se proměnné „V“ značilo Felicity, „G“ Gravitational forces a „A“ Altitude.

David Warren, australský vědec, jehož otec zahynul při letecké nehodě, pracoval v ARL<sup>4</sup>. Zde vedl tým, který vycházel z předlohy VGA a v roce 1957 představil ARL Filtr Memory Unit, která zapisovala nejen letecké údaje, ale také nahrávala zvukový záznam z kokpitu. Kapacita zvukového záznamu se rovnala čtyřem a půl hodině a rychlost záznamu přístrojových údajů byla rovna osmi údajům za sekundu. Zároveň přístroj dosahoval velké odolnosti vůči následkům letecké nehody. V průběhu 60. let bylo zabudování zápisu dat vyžadováno u všech civilních letadel. Postupně se měnila i legislativa, která určovala standardy pro černé skříňky jako například oranžový zářivý nátěr. Letecké úřady navíc zvýšily požadavky na velikost přetížení, které muselo zařízení při nehodě vydržet.

Tzv. první generace, využívaná od 60. let minulého století, zaznamenávala pouze několik základních údajů. FDR (Flight Data Recorder) využíval k zaznamenávání kovovou folii a u CVR (Cockpit Voice Recorder) byl záznam pořizován na magnetickou pásku. Kritéria na množství zaznamenávaných informací stále rostla, hlavním důvodem byl nástup velkokapacitních letounů.

U druhé generace byl použit magnetický pásek u obou zapisovačů (CVR i FDR), čímž se zvýšila kapacita. Převod analogového signálu na digitální a distribuci do černých skříněk mělo na starost zařízení FDAU (Filtr Data Acquisition Unit). Ve stejné době bylo uvedeno do provozu zařízení QAR (Quick Access Recorder), který slouží k pravidelnému získávání informací pro kontrolní, diagnostické či optimalizační činnosti. Naopak není schopno zůstat v provozu i při letecké nehodě. Letecké úřady nevyžadují v předpisech, aby jím byla letadla vybavena. Ke zvýšení pravděpodobnosti přečkání letecké nehody je zapotřebí mít zařízení, které obsahuje minimální počet pohyblivých mechanických prvků.

Poslední třetí generace zapisovačů SSFDR, resp. SSCVR (Solid-State Flight Data Record a Solid-State Cockpit Voice Recorder) využívá polovodičové paměti a integrovaný obvod. Dalším zlepšením je zjednodušená údržba a snížení nároků na kontrolu, resp., zvýšení času mezi kontrolami. [17]

---

<sup>4</sup> ARL: Aeronautical Research Laboratory

Tabulka 3. Vývoj nahrávacích zařízení

Typ letounu	V provozu od [Rok]	Technologie zápisu	Počet zápis. parametrů	Kapacita FDR
Boeing 707	1958	Analogový	5	Mechanické omezení, 10 parametrů
Airbus 330	1993	Digitální (polovodičová paměť, magnetický pásek)	280	128 psa <sup>5</sup>
Embraer 170	2004	Digitální (polovodičová paměť, kombinované nahur.)	774	256 wps
Airbus 380	2007	Digitální (polovodičová paměť)	> 1 000	1 024 psa
Boeing 787	2009	Digitální (polovodičová paměť) / EAFR <sup>6</sup>	> 1 000	Eternit systém

### Boeing 707

B707 byl vybaven analogovým FDR záznamníkem, který využíval k záznamu kovovou folii. Zaznamenávalo se pouze 5 základních parametrů, jako např. výška, rychlost, vertikální zrychlení. FDR byla uložena ve speciálním „kanystru“, který zvyšoval spolehlivost a chránil FDR před změnou tlaku, teploty a vlhkosti v ocasní části B707. Analogový FDR byl postupně nahrazován digitální verzí, která byla založena na principu DR. Warrena.



Obrázek 1. Flight Recorder B707 [17]

<sup>5</sup> wps: slova za sekundu (words per second), FDR slovo je zhruba 12 bitů

<sup>6</sup> EAFR: Enhanced Airborne Flight Recorder

### **Airbus A330**

A330 obsahuje již dvě oddělené polovodičové zařízení FDR a CVR. Některé letecké společnosti požadovali doplnění základního systému o QAR, který přijímá data ze stejné sběrnice jako FDR a zaznamenává stejné parametry jako FDR. Liší se ve využití jak je popsáno výše.

### **Embraer 170**

Výrobce letadel Embraer umístila do svého typu 170 dva záznamníky DVDR (Digital Voice Data Recorder). DVDR je zařízení, které je sloučilo z FDR a CVR do jednoho boxu, resp. zařízení. Pro zvýšení pravděpodobnosti nálezu je jeden DVDR umístěn v přední části letadla a druhý v ocasní části.

### **Airbus 380**

A380 je první letadlo, které má vlastní síťovou architekturu avioniky. Provozovatel A380 může využívat dva servery, které mají předinstalovaný operační systém Linux. Tyto dva servery jsou schopny přijímat data prostřednictvím zabezpečeného komunikačního rozhraní. Ke dvěma základním serverům nabízí společnost Airbus možnost přidání třetího, který by byl k síti připojen pomocí roury. Provozovatel poté může aplikovat své vlastní aplikace a libovolně je upravovat.

### **Boeing 787**

Dreamliner je jedno z nejmodernějších letadel současnosti a to se odráží i v jeho avionice. B787 má svoji vlastní síťovou architekturu a je vybaven dvěma snímači typu EAFR (Enhanced Airborne Flight Recorder). EAFR kombinuje funkce CVR a FDR. Navíc je EAFR schopen kontrolovat, aby v systému nedošlo k redundanci. Další výhodou EAFR je menší hmotnost. Také u tohoto systému je možnost naprogramování a implementace vlastních aplikací. [17]

### **Soudobé zaznamenávající systémy**

Letecké předpisy nařizují uchování 88 nejdůležitějších letových parametrů a dvě hodin zvukového záznamu. Avšak soudobé zapisovače jsou schopny uchovávat stovky záznamů. Současné systémy jsou vyrobeny tak, aby přečkaly téměř jakékoliv namáhání při letecké nehodě. Najít místo dopadu letadla a objevení černých skříněk na povrchu není takový problém jako lokalizace na dně oceánu. Pokud letadlo havaruje do vody zapne se automaticky nouzové vysílání ULB (Underwater Locator Beacon). Ten začne po ponoření do vody vydávat akustický signál – opakované vteřinové „pípání“ o frekvenci 37.5 kHz. Akustický signál je preferován z důvodu lepšího šíření ve vodě než signál radiový, který se vodou nešíří. Zařízení vydávající signál je napájeno baterií, která má predepsanou životnost

30 dní. Aby po nehodě nedošlo k přepsání či smazání obsahu záznamníku je u CVR zabudovaný „impact switch“, který při nárazu se zrychlením 2.5 G zastaví nahrávání. FDR je aktivní dokud funguje zdroj napájení. [18]

Několik standardizovaných nároků

- Přetížení 3 400 G po dobu 6,5 milisekund
- Žár o teplotě 1 100 stupňů celsia po dobu až jedné hodiny
- 260 stupňů celsia po dobu až 10 hodin
- Potopení do různých kapalin (voda, palivo, olej) po 24 hodin
- Potopení do mořské vody po dobu 720 hodin
- Tlak odpovídající hloubce 20 000 stop

I přesto, že jsou dnes na zapisovače kladeny velké technologické nároky a na první pohled se může zdát, že objasnění nehody může trvat jen pár dní. Ne vždy černé skřínky zůstanou v celistvém tvaru jako například při 11. září, kdy se našel jen nepoužitelný zbytek FDR. Jako druhý příklad nedokonalosti systému můžeme uvést zmizení letu MH370, tedy nehodu jednoho z nejmodernějších letadel současnosti, Boeingu 777. Pátrací týmu zachytili zvukový signál, ale bohužel se nepodařilo lokalizovat přesné místo na dně oceánu a po vyčerpání baterie je otázkou, jestli se vůbec někdy nalézt podaří.

Roční studie, kterou provedla FAA (Federal Aviation Administration) uvádí, že jeden proudový motor generuje 20 TB dat za hodinu, denně tuto trasu létá 25 000 letadel. Když toto číslo použijeme u Boeingu 747 na letu přes Atlantický oceán získáme přes 600 TB dat. Tato letecká data nejsou téměř vůbec využita k žádnému analytickému účelu. Leteckým společnostem brání v jejich využití jejich struktura, respektive jejich nestrukturovanost či jen částečná strukturovanost dat. Primárním zdrojem dat v leteckém průmyslu jsou data získaná ze systému ACARS, jako jsou data z rezervačního systému, data o počasí, atd. V posledních letech se letecké společnosti snaží přebírat iniciativu a také z důvodu růstu počtu nízkonákladových společností se zvyšuje boj o zákazníka, tím se otevírá prostor pro lepší práci s daty. Pokud jsou společnosti schopny získat ze svých letů či z veřejně přístupných databází konkrétní správná data jsou jen na půli cesty. Poté musí následovat přesná analýza, ze které vyplyne výstup s cílem zlepšit efektivitu letu a tím snížit provozní náklady. Je známo, že hlavní položkou nákladů je spotřeba paliva. Letecký průmysl se snaží o optimalizaci trajektorie trasy letu tak, aby trasa byla rentabilní. Proto, je hlavním cílem snížit náklady a zvýšit zisk optimalizací trasy, váhy letadla a dalších proměnných, které ovlivňují náklady na palivo.

Vytvořená analýza je přetransformovaná na optimalizování letové trajektorie za účelem redukce spotřeby paliva optimalizováním provozních nákladů a případné uletěné vzdálenosti.

### 3.4 Zefektivnění letových cest

Mezinárodní komerční letecký průmysl roste 2-3 krát rychleji než globální ekonomiky v posledních desetiletí a stejný růst si může udržet i nadále pokud do svého provozu zařadí nové technologie, které jsou kombinací softwarového inženýrství s umělou inteligencí. Firma GE a konkrétně její divize Flight Efficiency Services (FES) zaměřená na vývoj techniky řešící problematiku fenoménu Big Dat představila plán, který má cíl pomoci leteckým společnostem ve snížení nákladů a ke zvýšení jejich ziskovosti. Umístěním senzorů na inteligentních zařízeních může firma GE získávat obrovské množství dat, která poté lze analyzovat s cílem identifikovat možné zlepšení efektivity a zabránění zbytečnému zdržení z důvodu budoucí potencionální poruchy. Odvětví letecké dopravy je ideálním prostředím pro rozvoj IFOR a Big Dat obecně. Letecký průmysl odhaduje, že během jakéhokoliv letu, procento doby letu, kdy jsou využívány neefektivní letové trati a tím je zbytečně zvýšena spotřeba paliva, se pohybuje v rozmezí 18 až 22. GE odhaduje, že snížení nákladů o 1 procento u tryskových motorů by ušetřilo 30 miliard \$ po dobu 15 let.

GE se zaměřila na snížení spotřeby paliva, jak řekl její generální manažer Giovanni Spitale [19] „Palivo tvoří 40 procent přímých leteckých nákladů, což je 215 milionů \$ vynaložených na jeden rok“. Směr, kterým se vydala firma GE, která využívá principu IoT (Internet of Things), kdy je komunikace mezi jednotlivými stroji snímaná a vyhodnocena v reálném čase a tím jsme schopni si udělat lepší představu o průběhu spotřeby v různých fázích letu. Operátoři leteckých společností dobře vědí, že musí šetřit palivo. Zároveň jsou v letectví jasně daná pravidla, jak fyzikální tak bezpečnostní, která je nutné dodržet, aby letadlo a případný let proběhl v pořádku. Tím se stanovuje hrana za kterou není možné překročit a tedy i šetření paliva má své meze. Spitale zmiňuje<sup>7</sup> „Například, každý ví, že úspornější je popojíždění s jedním motorem, ale na druhou stranu je těžké kvantifikovat množství paliva, které se takto ušetří a dalším příkladem jsou náklady spojené s palivem, které je v nádrži, ale během letu se nespotebueje a tím pádem by se dalo ušetřit“. Při analýzách na delší časové období (týdny, měsíce) nelze přesně říct, kolik paliva lze ušetřit v daný moment. Ale pokud by se dala využít denní analýza, nebo dokonce analýza různých denních dob, mohla se rezerva paliva pro konkrétní let snížit popřípadě zvýšit. Záleželo by na momentálních podmínkách, které zrovna panují na dané trase.

---

<sup>7</sup>



Společnost AirAsia používá FES ke zpracování analýzy snímaných dat o letu a pro fuel management na své flotile Airbusů A320 a A330. Tento systém šetří AirAsia více než jedno procento ročních nákladů na pohonné jednotky, což odpovídá 550 liber paliva na jednu hodinu letu. Přístrojová deska, kterou GE vyvinulo integruje různé údaje jako jsou letová data, počasí, korekce na trati, navigaci a data o terénu. Tento soubor dat umožňuje leteckým společnostem takticky řídit jejich každodenní provoz. K AirAsia se přidala indická nízkonákladová společnost SpiceJet Airlines se svojí flotilou 52 letadel typu Boeing 737 a Bombardier Q400. Hlavním důvodem pro spolupráci s GE byl fakt, že v Indii je jedna z nejvyšších cen pohonných hmot na světě a GE má za úkol realizovat výrazné úspory.

Firma Ge navázala v roce 2011 úzkou spolupráci také s italskou leteckou společností Alitalia a s jejich 145 letadly, které za měsíc nalétají přes 16 000 letů. GE získává od Alitalia více než 15 GB dat měsíčně. Tyto data jsou shromažďována ze stovek senzorů po celém letadle na místech, kde mohou zaznamenávat data o motoru jako je výkon, teplota a spotřeba energie. Tyto informace, které jsou uloženy v černé skřínce letadla, se konfrontují s letovým plánem za účelem získání povědomí o rozporu mezi plánovaným výkonem v konkrétní moment trasy letu a skutečným výkonem. Srovnání slouží pro získání úplného přehledu po celé délce trati a pro zvýšení efektivity. GE pomohla Alitalia pomocí analýzy o průtoku a spotřebě paliva identifikovat konkrétní změny v letových postupech. Jedna změn se týkala změny polohy vztlakových klapek při přistání je letadlo více aerodynamické a tím se snižuje náročnost přistání na spotřebu paliva. Kromě toho se změnou rychlosti při sestupu letadla snižuje spotřeba energie, což přispívá k zefektivnění letu. Získáním lepšího přehledu o spotřebě paliva byla Alitalia schopná zavést efektivnější účinnější provozní postupy. Alessandro Loddo, viceprezident Alitalia pro Fuel Management poznamenal: „Odvětví letecké dopravy musí reagovat na rostoucí náklady pohonných hmot, které jsou největší výzvou našeho podnikání. Spoluprací s GE byla Alitalia schopna významného pokroku při řešení nákladů na pohonné hmoty, což nám umožňuje nabídnout více konkurenční tarify pro naše zákazníky a zároveň snížení ekologické zátěže letecké dopravy na životní prostředí“ [20]

### **3.4.1 RNAV - Area Navigation**

RNAV neboli prostorová navigace je definována jako: „metoda navigace, která umožňuje letadlu letět po jakékoliv požadované trase v dosahu referenčního signálu od pozemního navigačního zařízení nebo v rámci možností pomocí autonomního navigačního systému nebo jejich kombinací“ (ICAO Doc 9613). Před RNAV se využívala konvenční navigace, kdy pilot používal data od vnějších zdrojů nebo využíval autonomního navigačního systému. Externím zdrojem informací byly radionavigační zařízení (NDB, VOR) nebo družicové navigační systémy GNSS. Výrazná vlastnost systému RNAV je schopnost navigovat letadlo

po jakékoliv předem zvolené trati, která lze v průběhu letu změnit. První myšlenka využití prostorové navigace bylo zefektivnění traťového vedení letadla tak, aby nebyla potřeba pozemního navigačního zařízení. Tím se přešlo od letu od jednoho navigačního majáku k druhému majáku po průsečících radiálu a směrnic (tzv. fixy). Úkolem systému je vybrat a zajistit ideální trasu letu. Letadlo a jeho poloha je monitorována pomocí navigačních senzorů. Palubní navigační systém získává svoji prostorovou polohu jako průsečík radiálu a vzdálenosti (VOR/DME), nebo průsečíkem dvou vzdáleností (DME/DME). Lze také použít INS (inerciální nezávislé systémy), případně GNSS. Dnes je již zastaralá metoda založená na systému LORAN C. RNAV se postupně začal používat ve všech fázích přístrojového letu (odlet, traťový let, přiletu a přístrojového přiblížení).

VOR/DME je nejzákladnější a nejjednodušší systém prostorové navigace. Poloha se určuje z radiomajáku VOR a radiálu, na kterém je v daný moment letoun. Další proměnou je vzdálenost, která se získá od radiomajáku DME. Počítačový algoritmus stanoví navigační údaje pro let k danému bodu (waypoint). VOR/DME je systém finančně výhodnější, ale DME/DME má větší přesnost. Proto se VOR/DME využívá jako záložní systém pro GPS nebo jako prvek multi-senzorových systémů FMS.

DME/DME systém je poměrně nákladný, nejnáročnější je přijímač, který je technologicky náročný na výrobu. A proto nalézá využití pouze u velkých letadel s FMS. Funkce je založena na měření vzdáleností ke dvěma odpovídačům DME. Tato navigační metoda je velmi přesná, srovnatelná s GPS.

GPS je systém družicové navigace, který dosáhl hojného využití v poslední době, pokrývající téměř celý svět. K určení polohy je zapotřebí vyřešit čtyři rovnice o čtyřech neznámých ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$ ). Abychom dostali čtyři rovnice, je zapotřebí mít příjem minimálně čtyřech satelitů. V extrémních případech můžeme využít tři satelity, ale informaci o výšce je nutné získat např. barometrickým výškoměrem. Pro RNAV je využití GPS navigace vzorný způsobem, jednak systém GPS není náročný a jeho provoz není, pro uživatele, tak velkou finanční zátěží. Výstup ze systému je zobrazen na displeji nebo je propojen s FMS. Jedna z mála nevýhod je doposud neúplné pokrytí systému a jeho neschopnost stoprocentní funkčnosti za každých podmínek. Z těchto důvodů je systém GPS doplňován záložním systémem např. VOR/DME

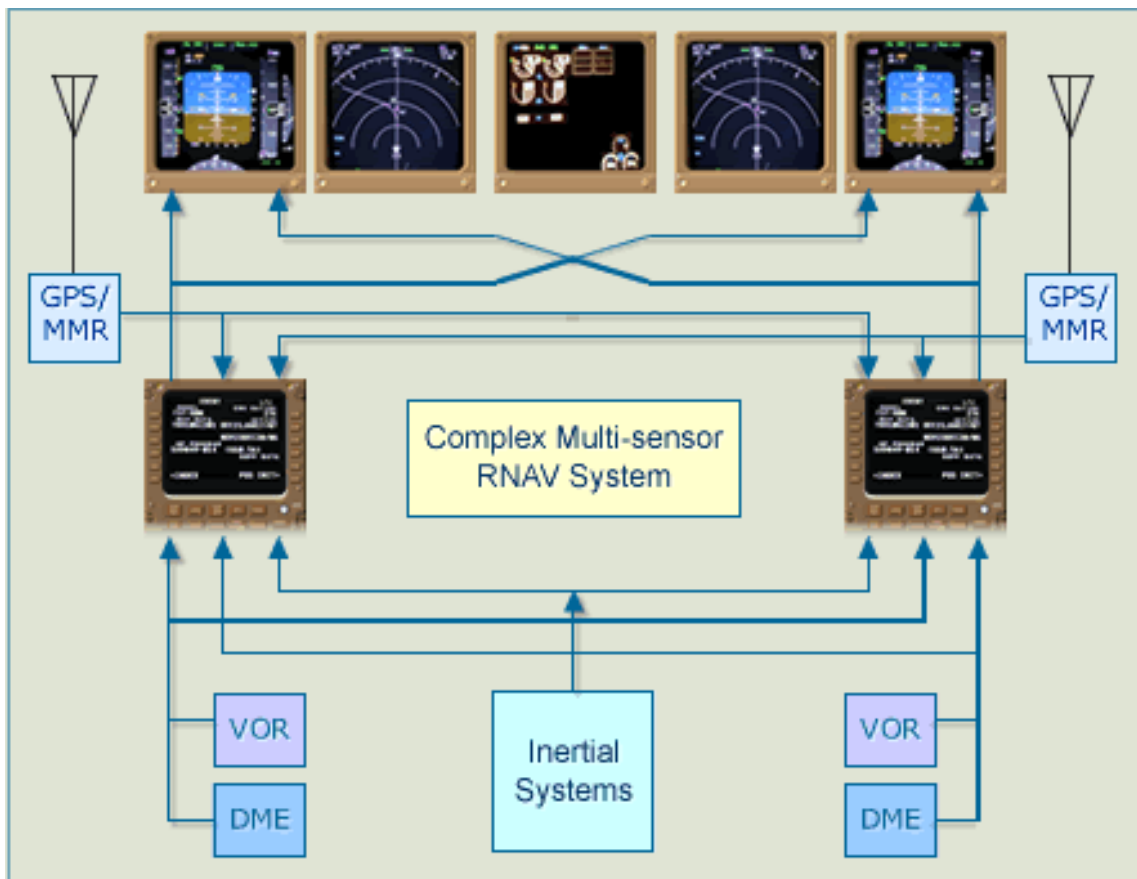
INS je využíván jako součást FMS pro pokrytí doby, kdy externí signál není schopen určit přesnou polohu. Systém INS pracuje s počáteční rychlostí, sumací zrychlení a rotací v jednotlivých osách a tím dokáže vypočítat změnu polohy. Přesnost INS při letu maximálně do 2 hodin, tím se INS využívá pouze pro krátké či regionální vzdálenosti nebo INS lze využít jako záložní systém pro např. VOR/DME.

LORAN C je zkratka pro hyperbolický systém dalekého dosahu. První vývoj systému se datuje k I. Světové válce, ale až v druhém celosvětovém konfliktu dosáhl LORAN podoby, kterou známe dnes. LORAN C je nejpokročilejší verzí, která vychází z verze LORAN A. Jak je zmíněno výše, LORAN se již dnes nepoužívá, přesto tato technologie dosahovala relativně přesných výsledků na velké vzdálenosti a velkou výhodou systém byla funkčnost systému nad odlehlými oblastmi v oceánu. Jedná se o síť pozemních stanic, která je nazývána řetězec (chain). Každý řetězec má jednu stanicí řídicí (tzv. master) a ostatní stanice jsou „podřízené“ (tzv. slave). Jakýkoliv řetězec musí obsahovat jeden řídicí vysílač a alespoň 2, maximálně však 5 podřízených. Přijímač zaznamenává rozdílné časy příjmu signálu. Z těchto údajů je možné spočítat průsečíky hyperbol a následně pozici vůči řetězci. Každá puls je přesně matematicky definován a jeho přesný popis nalezneme v tabulkách. Další rozvoj LORANu se stal neperspektivním díky systému, kde je dostatečná síť vysílačů DME a dostatečné pokrytí GPS signálem.

U velkých dopravních letadel se očekává budoucí vývoj směřující k vývoji systému FMS, který bude schopen sdružit více systémů prostorové navigace a vyhodnocení polohy bude velmi až bezchybně přesné. Výstup ze systému budou automatické mapy na MFD (Multi-Functional Display). Tím se docílí zřetelné navigace v prostoru vůči letové trase a pohyb ostatních letadel bude zobrazen pomocí výstupů proti srážkovému systému. U malých letadel se bude využívat GPS, která se musí doposud povinně kombinovat s VOR/DME.

Výhody prostorové navigace:

- Zvýšení bezpečnosti
- Zkrácení letových tratí
- Zkrácení času ve vzduchu
- Snížení spotřeby paliva
- Efektivnější využití vzdušného prostoru
- Odlehčení ATC (Air Traffic Control)



Obrázek 2. Schéma RNAV systému - Komplexní Multi-senzorový [38]

### 3.4.2 Required Navigation Performance

Zkratka RNP se může přeložit jako požadovaná navigační výkonnost a označuje digitální technologii, díky které jsou letadla schopny letět přesně po stanovené trase. RNP již ke své funkci nepotřebuje kooperaci se systémem řízení letového provozu, který byl nahrazen satelity GPS.

Když pokrok navigačních systémů prostorové navigace dosáhl bodu, kdy se přesnost navigace zdokonalila do takové míry, že GPS začala nahrazovat předešlé navigační systémy, nadešel čas využití GPS k dalšímu kroku, jenž logicky vedl ke zvýšení bezpečnosti ve vzduchu a snížení nákladů spojených s palivem. Další pozitivní vliv RNP je možnost efektivnějšího využití vzdušného prostoru, snížení časové náročnosti letu díky optimálnější trajektorii letu, jak horizontální, tak vertikální. Každý systém prostorové navigace je při výrobě ohodnocen kritériem, tzv. navigační výkonností, které určuje do jaké míry přesnosti je navigační systém schopen navigovat letadlo. RNP 3 značí přesnost navigace  $\pm 3$  námořní míle.

RNP se velmi blíží prostorové navigaci, ale důležitý rozdíl mezi těmito dvěma je, že RNP ke své funkci potřebuje palubní sledování navigační výkonnosti a varování posádky.

GE Aviation spojila síly s Air China k navrhnutí a implementování RNP systému s označením AR (Authorization Required). RNP AR se stal doplňkem ILS pro ještě přesnější přiblížení s cílem poskytovat bezpečnější nástroj s větší frekvencí při vedení letadla na přistání či vzlet. RNP AR je nejvýkonnějším typem PBN (performance-based navigation), což vede ke snížení rozestupů mezi jednotlivými přistáními, snížení paliva, snížení hluku a v neposlední řadě ke snížení zpoždění. Závěrem zkušebního provozu na letišti Xi Chang, ležící v jižní části Číny, bylo zjištěno, jak uvedla ve zprávě společnost GE Aviation, že RNP ILS dokáže zkrátit přiblížení až o 14 NM. Pokud se RNP AR použije bez ILS oddálí se výška rozhodnutí o 575 stop. V červenci roku 2013 dokončila GE Aviation vylepšení o RNP AR na mezinárodním letišti Jorge Chavez v Limě, Peru. Toto technické vylepšení umožnilo využití prostoru na východ od letiště, který byl z důvodu nevyhovujícího terénu nepoužitelný.

Dalším příkladem je letiště Juneau, které leží u hranice státu Aljaška a Kanady. Na dráhu 26 nebylo možné přiblížení, kvůli hornatému terénu obklopující letiště z jedné strany a kvůli průlivu Gastona z druhé strany. Přesné přiblížení bylo možné až po instalaci metody RNP RNAV, u které přesnost určení polohy vzrostla až na 99,999%. U tohoto systému se eliminuje nepřesnost přiblížení schodovitým klesáním (dive and drive) a je nahrazeno kontinuálním a stabilizovaným klesáním. [21] [22]

## **3.5 NextGen**

Projekt, který byl vyvinut FFA s cílem modernizovat systém vzdušného prostoru s využitím znalostí z celého odvětví letectví. NextGen je sestaven z řady iniciativ, jejichž cílem je zefektivnění vzdušného prostoru

### **3.5.1 Historie a vývoj**

Vize NextGen se začala tvořit na začátku druhého tisíciletí, ale až v prosinci roku 2003 byla oficiálně představena první verze. Stalo se tak na kongresu VISION 100 – CENTURY OF AVIATION REAUTHORIZATION ACT. V lednu následujícího roku ministerstvo dopravy oznámilo plán pro další rozvoj. Byl dohodnut dlouhodobý záměr modernizovat letový provoz na dalších 25 let a v prosinci ministerstvo dopravy zveřejnilo integrovaný plán pro příští generaci letecké dopravy, kde byly nastíněny cíle a postupy NextGen. NextGen byl rozdělen na dvě časová pásma, na krátkodobý horizont (2004-2012) a dlouhodobý (2020-2030 a dále). Podle FAA zavedení NextGen do provozu a následné udržování systému bude stát 37 miliard dolarů. FAA uvádí, že snížením nákladů se očekává finanční návratnost v hodnotě 106 milionů dolarů. [23]

### **3.5.2 Výhody NextGen**

- Úspora paliva

- Zefektivnění letových cest, přímých i s přestupem, dojde k snížení emisí
- Lepší komunikace napříč celých odvětvím
- Snížení separačního minima
- Dostupnější a standardizovanější přístup k informacím o počasí
- Vylepšení palubních zařízení

### 3.6 NexGen komponenty

**ADS-B:** Automatic Dependent Surveillance-Broadcast je přesnější a spolehlivější systém, než radarové systémy. ADS-B vysílá letounům informace jako je rychlost, poloha a trasy zúčastněných letadel prostřednictvím využívání rádiových satelitních signálů a pozemních stanic. ADS-B má dvě funkce Out, In

- ADS-B Out: Letadla předávají svoji identifikaci, výšku, směr a rychlost řízení letového. Ke správnému a bezpečnému systému je nutné aby ADS-B Out byl naistalován na všech letadlech, které prolétávají kontrolovatelným vzdušným prostorem do roku 2020.
- ADS-B In: v kokpitu se zobrazí informace od ostatních letadel ADS-B Out, která se zpracuje pomocí ADS-B In ve formě TIS-B (Traffic Information Service Broadcast) or FIS-B (Flight Information Traffic System)

#### **SWIM**

System-Wide Information Management je program vyvinut FAA pro správu dat s cílem shromažďovat data a rozhraní pro zjednodušení sdílení dat v program NextGen. SWIM má také na starost standardizaci a zabezpečení moderních dat

#### **Data Communication**

systém poskytující novou cestu pro piloty a řídicí provozu k přístupu k informacím v digitálním formátu. Je to tedy datový komunikační systém, který používá digitální data jako doplněk či úplně nahrazuje analogovou hlasovou komunikaci. Řízení provozu je schopno s piloty komunikovat prostřednictvím textové zprávy namísto hlasové komunikace. To umožní efektivnější předání informace a tím urychlení vyhledávání letadel a zmenšení rádiové kongesce. Plné nasazení Data Comm je plánováno na rok 2020 do té doby je nutné dohodnout s provozovateli letišť nejlepší způsob k realizaci, zmodernizovat vybavení letadel pro správné fungování systému.

#### **NNEW**

NextGen Network Enable Weather je snaha o standardizování a zjednodušení přístupu k údajům o počasí mezi leteckými úřady. NNEW bude složena z tzv. 4 Dimensional Weather Data Cube, kde se sloučí informace z FAA, NOAA, DOD a komerčních organizací zabývajících se počasím

## **CATMT**

FAA plánuje posílit současný systém TMS (Traffic Management System) technologií Collaborative Air Traffic Management, která zahrnuje AUM (Arrival Uncertainty Management), předpověď počasí a znovu vybudování hardwarové a softwarové komunikace pro dopravní plánování. Program CATMT pomůže předvídat dopravní toky a z nich vyplývající případné zpoždění, či zpoždění způsobené počasím a další rušivé elementy letecké dopravy.

## **NVS**

NAS Voice System je klíčová technologie pro NextGen. Studie, kterou provedla FAA za účelem posouzení současné životaschopnosti NVS uvedla, že v NAS se používá sedmnáct různých přepínačů a řada z nich nesplňuje dnešní nároky a celkový systém je sledován jako zastaralý. Technická rekonstrukce systému by životnost prodloužila o několik let, ale je výhodné, aby nový model NVS byl vybudován co nejrychleji. NVS nahradí desítky let staré analogové systémy bezpečnější digitální technologií. NVS není limitována vzdáleností, oproti tomu aktuální technologie point-to-point umožňuje řídicímu komunikovat s letadlem pouze na určené radiové frekvenci. V roce 2016 začala FAA s testovacím provozem, kdy byl systém NVS zaveden ve vybraných řídicích věžích. FAA monitoruje stav každé jedné instalace NVS z centrálního centra vyhodnocení, což umožňuje lepší rozhodování a důslednější kontrolu systému. NVS využívá interní telekomunikační infrastruktury (FTI), jenž má vícevrstvé zabezpečení čímž zabraňuje nežádoucímu přístupu k systému a zároveň poskytuje NAS širokou škálu pro připojení voice systému. FAA ukončí testovací období v roce 2019 a do roku 2026 by měl být systém NVS plně zaveden do provozu.

## **AIRE**

Evropská unie odhaduje, že 2-3% světového znečištění CO<sub>2</sub> produkuje letecký průmysl a je očekáván dlouhodobý růst v krátkodobém horizontu. FAA a EU spolu vytvořili dohodu o snížení emisí a hluku, tzv. AIRE (The Atlantic Initiative Interoperability). Zmenšení vlivu na životní prostředí se stal cílem pro letecký průmysl. AIRE program zavazuje k využití nového technologického vybavení, lépe spalitelného paliva a efektivnější letové dráhy. K AIRE se hlásí FAA, Boeing, Airbus, UPS, KLM, British Aviation Authority, NAV Portugal a další. [23] [24]

## **3.7 Využití Big Dat k zvýšení security na letišti**

Leteckou dopravu, již od roku 1931 zasahovali protiprávní jednání jednotlivce nebo skupin lidí, kteří byli mnohdy motivováni nábožensky, politicky nebo se jednalo o snahu o emigraci ze země. V letech 1961 – 1972 bylo provedeno 142 únosů letadel mezi USA a Kubou. Letiště byly téměř volně dostupné plochy s tendencí vysoké migrace. Na letišti se nepohybují

jen pasažéři, kteří do destinace přiletěli nebo cestující, jenž čekají na svůj let. Ale také osoby, které cestující na letiště přivezli nebo je mají v plánu odvést. V 70. letech minulého století se začalo projevovat slabé zabezpečení perimetru letiště a začali se množit teroristické útoky. Následně dochází k zavádění prvních bezpečnostních opatření, která ale nejsou dostatečná a v další dekádě byl zaznamenán vysoký nárůst bombových útoků. Nejzávažnější případ se stal 21. prosince 1988 nad skotským Lockerbie, kdy výbuch na palubě Boeingu 747 nepřežilo všech 270 lidí na palubě. V roce 2003 se k útoku přiznala Libye, jejíž vysoký důstojník tajných služeb Abdal Basat Alí Midžrahi byl odsouzen na doživotí.

Okamžik, který zatřásl nejenom letectvím, ale i světovou politikou se stal 11. září 2001. Nedodržením bezpečnostních postupů, nedokonalost security na letišti a nepřipravenost na únos letadla, které je následně použito jako ničivá zbraň, vedla k 2 977 obětí na životech. 19 únosců se zmocnilo letadel, která postupně narazila do obou věží WTC a následně i do budovy Pentagonu. Reakcí na tento útok bylo přijetí mnoha změn a opatření před nástupem na palubu letounu, ale i změna v chování v podobné situaci, kdy je doporučeno letadlo unesené teroristy sestřelit, namísto pasivního chování. Pilotní prostor letounu byl oddělen.

### **3.7.1 Předpisy na ochranu civilního letectví**

Právních předpisů a zákonů upravujících problematiku letiště je nespočet. Jedná se o mezinárodní úmluvy, normy a doporučení mezinárodních organizací (ICAO, ECAC) a EU. V Chicagu roku 1944 byla přijata Úmluva o mezinárodním civilním letectví, označována jako Chicagská úmluva, která se stala vzorem pro první zákon o civilním letectví v ČSR č. 147/1947. Další předpis uzavřeným v Tokiu roku 1963 upravuje trestné a některé jiné činy spáchané na palubě letadla. Na začátku 70. let Haagská a Montrealská úmluva, reagující na narůstající fenomén pokusů o únos letadla.

ICAO sestavilo Safety Management Systém, který stanovil strategii, koncept, strukturu a management rizik pro mezinárodní leteckou dopravu. Předním cílem bezpečnostního programu je zajištění bezpečnosti cestujících, posádek, personálu a široké veřejnosti v blízkosti letiště. V první řadě se program soustředí na zamezení přístupu pachatele do prostorů, kde hrozí ohrožení. ICAO se zavázalo k přepracování Annexu 17, zavedení směrnice „ICAO Security Manual“ pro zvýšení zabezpečení, pokračování ve vývoji Výcvikového programu, zrychlení vytvoření celosvětové sítě výcvikových středisek a navázání spolupráce na úrovni států, organizací a soukromých subjektů.

V České republice jsou předpisy týkající se civilního letectví v řadě „L“. Jsou v nich aplikovány mezinárodní normy a doporučení a obsahují podrobnou úpravu jednotlivých oblastí a institutů. Hovoří se o předpisech L1 až L18. Například:



- L1 - způsobilost leteckého personálu civilního letectví
- L2 - pravidla létání
- L3 - meteorologická služba v civilním letectví
- L4 - letecké mapy

Ministerstvo dopravy ustanovilo vyhlášky týkající se civilního letectví a stanovilo interní pokyny pro řešení mimořádných a krizových situací.

Zabezpečení civilního letectví před protiprávními činy je rozsáhlý a komplexní soubor opatření a nástrojů, které slouží k kontrole vstupu do prostoru letiště, bezpečnostní kontroly zavazadel, nákladu, zboží a pošty. Bezpečnostní prohlídky letadel před odletem a edukace osob, spojených s činností letiště, v odhalování protiprávních jednání. [25]

### **3.7.2 Prescreening**

Vlivem globalizace světa a zvýšení dostupnosti téměř jakékoliv informace, kterou je kdokoliv schopen získat a využít. Dostal se boj s terorismem na úroveň, kdy už běžné prohlídky bezpečnostní opatření a prohlídky nestačí a je zde potřeba zavést nové modely. Teroristické útoky již dnes nejsou prvoplánovým činem, ale jde o koordinovaný týmový útok s plánem přelstít bezpečnostní kontroly. Tzv. měkké je profesní označení místa s vysokou koncentrací lidí na jednom místě a existují zde široké možnosti ohrožení.

Současný přístup bezpečnostních složek je zaměřen na univerzální prověřování předmětů, ale chybí zde detekce podezřelých osob. Teroristický útok může být naplánovaný několik měsíců dopředu a při velkém zjednodušení se může nebezpečný předmět skládat z několika menších, mnohdy předpisy povolených, předmětů, které by složením do celku vytvořily ničivou zbraň. V současném systému je minimální snaha o sběr dat. Kontinuální sběr dat a jejich vyhodnocení v reálném čase je zapotřebí provádět ve všech fázích pohybu na letišti. Pokud je letiště schopno hlídat, aby každý automobil, který vjede do areálu, mohl bezplatně využívat parkovací služby po konkrétně stanovenou časovou dobu a v případě překročení limitu mu není povolen výjezd z areálu. Je žádoucí, aby tento systém byl, v zájmu zvýšení bezpečnosti a přehledu, napojen na databázi bezpečnostních složek státu. Každá SPZ značka, která by projela vstupní branou by byla automaticky konfrontována s databází hledaných či kradených automobilů.

Na zvýšení migrace lidí a bezpečnostní rizika v letecké dopravě reaguje většina států. Letecké společnosti sbírají určité informace o svém cestujícím, které jsou označovány jako API (Advance Passenger Information), tyto data jsou požadována imigračními úřady některých států. V případě neposkytnutí těchto informací hrozí letecké společnosti finanční sankce nebo v krajním případě i zákaz vstupu do vzdušného prostoru daného státu. V rámci

programu API jsou kolektována zpravidla data získaná z cestovních dokladů, údaje o trvalém bydlišti, délce plánovaného pobytu nebo telefonní kontakt. Na rozdíl od PNR se jedná o data, která neslouží k žádným obchodním účelům.

Poskytování informací o cestujících se provádí dvěma způsoby. Nejrozšířenějším je systém Push, jehož princip spočívá v shromažďování veškerých dat o cestujících, tak i o daném letu ve své vlastní interní databázi a následném odeslání, před odletem, dat příslušnému bezpečnostnímu orgánu cílového státu. Druhým způsobem je poskytnutí přístupových hesel imigračním složkám, které si samy kontrolují potřebné údaje v databázi letecké společnosti, kdykoliv uznají za vhodné.

Rada EU vydala směrnici č. 82/2004, která má zlepšit kontrolu migrace, nedovolené přistěhovanosti a zefektivnit hraniční kontroly. Směrnice nařizuje leteckým dopravcům poskytnutí devíti základních údajů o cestujícím:

- jméno a příjmení
- datum narození
- číslo a typ použitého cestovního dokladu
- státní příslušnost
- údaj o hraničním přechodu na území členského státu EU
- kódové číslo letu
- čas odletu a příletu
- celkový počet osob přepravovaný daným letem
- počáteční místo nástupu na palubu letadla

Ač je tato povinnost plátná i na území České republiky a byla zde zavedena od 1.7.2006 v novele zákona č. 49/1997. Je vzhledem k náročnosti na zpracování vyžaduje tyto informace Policie České republiky od leteckých společností, které provozují letecké spojení do rizikových destinací nebo zemí s velkým počtem ilegálních emigrantů.

### **3.7.3 Systém předběžného hodnocení cestujících**

Statická kontrola zavazadel a cestujících pomocí bezpečnostních rámu, které identifikují přítomnost kovů a dalších látek je nedostatečná. K zajištění bezpečnosti je zapotřebí implementace bezpečnostních systémů, jejichž účelem je hodnocení cestujících a predikce bezpečnostních hrozeb.

Jedním z prvních systému hodnocení cestujících v letecké dopravě byl systém CAPPS (Computer Assisted Passenger Pre-screening System). Tento systém vytvořený ve druhé polovině 90. let minulého století v USA byl napojen na odbavovací, bezpečnostní a

vyhledávací systémy. Principem systému CAPPs byla analýza údajů o cestě, které byly poskytovány leteckými společnostmi. Tyto údaje byly následně porovnávány se seznamem osob, který spravovala organizace TSA (Transportation Security Administration), s podezřeními na napojení na teroristické skupiny či podezřelé z leteckého pirátství. CAPPs pracoval na bázi předběžné identifikace teroristů, kteří se pokoušejí pořídit si letenku na palubu letadla mířícího do USA. Tento systém byl provozován FBI a spuštění do plného provozu se dočkal roku 1997. Pokud systém identifikoval pasažera jako hrozbu, bylo jeho zavazadlo podrobeno důkladnější kontrole, ale cestující podrobnější prohlídku neabsolvoval. A v tom spočívala slabina CAPPs. 11. září 2001 systém identifikoval 11 atentátníků jako potenciální hrozbu. Ale po kontrole zavazadel, která prošla bez problému, byli vpuštěni na palubu. Teroristé následně spáchali jeden z nejhorších teroristických útoků v dějinách lidstva.

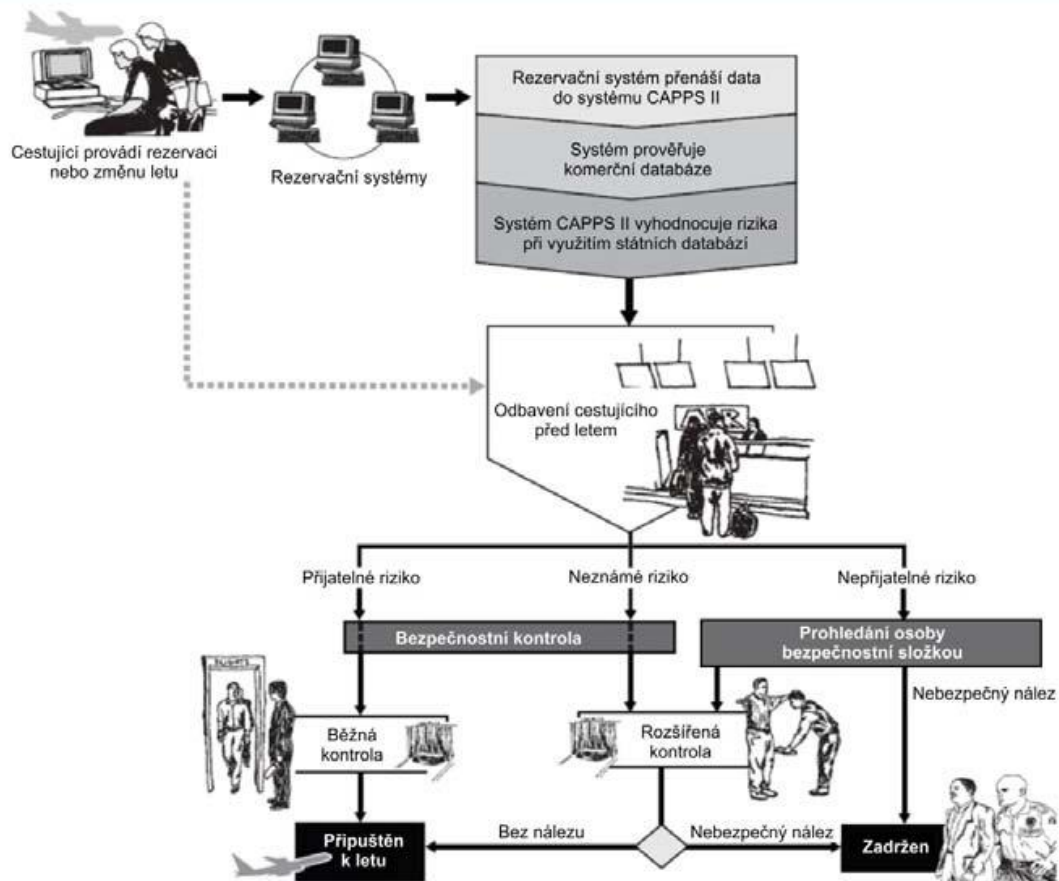
Po 11.9 byl systém CAPPs shledán nedostačujícím a proto byl v roce 2003 vyvinut jeho následovník CAPPs II, jenž byl navržen organizací ONRA (Office of National Risk Assessment). Základním rozdílem mezi první a druhou verzí byly následující požadavky:

- Systém bude plně spravován vládou, nikoli leteckými společnostmi
- Kontrole budou podrobeni všichni cestující vyhodnocení systémem jako potenciální hrozba, bez ohledu na bezpečnostní kontrolu jejich zavazadel
- Systém se musí vztahovat na každou leteckou společnost a každé letiště

Základním prvkem CAPPs II bylo analyzování dat na základě křížových dotazů. Byly využívány data z PNR, data ze státních a komerčních databází. Provádělo by se ověřování totožnosti, předchozích kriminálních aktivit a byly by analyzovány vazby na teroristy. Systém by na základě vstupních dat provedl výpočet, který by uvedl „rizikové skóre“ a to by bylo vyznačeno pomocí barevné škály na palubní vstupence. Každá barva znamenala různé bezpečnostní kontroly pro konkrétní osobu.

- Zelená - bez ohrožení
- Žlutá - neznámé nebo možné ohrožení, další screening
- Červená – vysoké riziko, vstup na palubu by nebyl umožněn

Jedním z problémů byla technologická náročnost systému k rychlému procházení řady různých databází, která obsahovala vždy svůj konkrétní typ dat a nebyla možnost tyto databáze využít. Systém CAPPs II byl od začátku uveřejnění pod silnou vlnou kritiky zastánců lidských práv, byl kritizován za omezení práva na svobodu a proto by v srpnu 2004 zastaven. V roce 2005 byla snaha o znovuzavedení, ale i tento pokus byl zablokován v americkém kongrese. [26] [27]



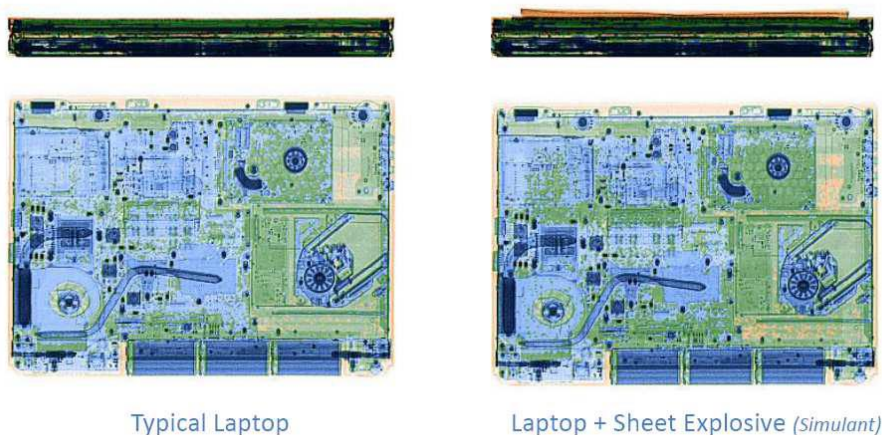
Obrázek 3. Proces standardního odbavení cestujících v USA [26]

### 3.7.4 Bezpečnostní detektory

Proces kontroly, který je dnes standartem na všech mezinárodních letištích neodpovídá představě moderního a bezchybného bezpečnostního systému. Každý cestující je před vstupem do odletové haly kontrolován pomocí kombinace průchozího detektoru kovu a pásového bezpečnostního rentgenu. Před průchodem branou je cestující povinen odložit na pás svá příruční zavazadla a zvláště elektroniku. Dále je cestující vyzván k odložení obuvi na pás a spolu s tím všechny předměty vyrobeny z kovu. Přes kontrolní bod není dovoleno pronést kapalinu o objemu větším než 100 ml. V případě zvýšeného rizika je kontrola doplněna o osobní kontrolu provedenou ručním detektorem kovu, případně detektorem na stopy drog či výbušnin. Současné detektory kovu pracují na principu budícího magnetického pole. K detekci kovu se využívají tři základní fyzikální principy:

- Indukce vířivých proudů – detekce neferomagnetických kovů
- Změna orientací magnetických domén – detekce feromagnetických kovů
- Relativní pohyb magnetu vůči cívice – detekce tvrdých feromagnetických kovů

Detekční braná a plynulost průchodu je, zvláště při velké intenzitě provozu, vystavena přetížení a to může vést k chybné reakci personálu či k přehlédnutí a následném propuštění zakázaného nebo nebezpečného předmětu. Nutno podotknout, že k plynulosti průchodu je potřeba spolupráce obou dvou stran, jak profesionální chování bezpečnostních složek, tak předpisové chování cestujícího. V řadě případech je právě neochota a neinformovanost důvod tvoření fronty. Zvýšení tlaku na kontrolující členy personálu není jediným nebezpečím tvoření fronty. Při případném plánovaném teroristickém útoku by mohl terorista podlehnout nervozitě a ještě před bezpečnostní kontrolou a pravděpodobným identifikováním ohrozit skupinu lidí čekající ve frontě na vpuštění do odletové haly.



Obrázek 4. Sken elektronického zařízení [28]

TSA zavedla BDO program (Behavior Detection Officer) pro doplnění bezpečnostních procedur. BDO zkoumá chování a neverbální projevy cestujících. Speciálně vycvičení členové bezpečnostních služeb, jejichž úkolem je infiltrování mezi cestující a pozorování chování, případně i navázání rozhovoru. V případě, že BDO identifikuje chování, které překročí danou hranici, je identifikovaný podroben, při průchodu kontrolou, podrobnějšímu ohledání.

### 3.7.5 Checkpoint of the Future

Mezinárodní sdružení leteckých dopravců IATA představila zařízení. Které má v budoucnu zvýšit standardy a zefektivnit bezpečnostní kontrolu na letištích. Cestující budou rozděleni do třech skupin:

- Registrovaní cestující
- Zvýšenou bezpečnostní kontrolou
- Klasická bezpečnostní kontrola

První typ cestujících jsou již zaregistrovaní a prověření cestující a u tohoto typu bude provedena zjednodušená kontrola. Nejpočetnější skupina bude procházek běžnou kontrolou a jen určité procento bude podrobena detailnější prohlídce. Při průchodu nejprve na skeneru cestující naskenuje svoji oční rohovku a poté bude ověřen jeho pas. Jako další krok bude následovat průchod řadou detektorů. Nejprve cestující projde rentgenovým rámem, následuje detektor kovu a detektor tekutin. Pokud bude u cestujícího vyžadována podrobnější prohlídka, tak kromě stejných opatření jako v prvním případě, bude ještě vyžadován průchod detektorem bot, drog a celotělová rentgenová prohlídka. Pokud některý z detektorů zaráguje bude cestující podroben osobní prohlídce. Ta bude vykonávaná na konci zařízení, a tím nedojde k narušení plynulosti průchodu. [28]

### **3.8 Identifikace obličeje**

Metoda identifikace pachatele sestavením jeho portréту je praktikována policií již několik desetiletí. V průběhu 20. století nastal výrazný posun a byl vyvinut vědní obor zabývající se zkoumáním problematiky portrétní identifikace. V první polovině minulého století sestavovali portrét pachatele profesionální kreslíři podle informací z výslechu poškozených či světků. V šedesátých letech byla zavedena tzv. metoda skládání portréту, kdy na podsvětlený přístroj, byly přikládány speciální fólie jednotlivých částí lidského obličeje (nos, oči, ústa,...). Příchod výpočetní techniky měl dopad i na vývoj softwarů, které jsou schopny sestavit portrét.

Jak je zmíněno výše, milníkem v zabezpečení letecké dopravy a to včetně areálů poskytující zázemí jak společnostem, tak cestujícím byly události dne 11. září 2001. V posledních letech je kladeno velké usilí na zavedení metod využívající biometrickou identifikaci, jako např. otisk prstu, otisk celé dlaně, kontrola oční duhovky.

Identifikace podezřelé osoby pomocí rozpoznání obličeje je jedním z mladší formy biometrických metod. Primárním důvodem zavedení bylo zvýšení bezpečnosti na místech s velkým počtem migrujících osob. Verifikace obličeje má oproti jiným systémům, využívajících biometrické identifikace, několik výhod, ale v dnešním stádiu vývoje i několik nevýhod. Hlavním bodem diskuze je úspěšnost, resp. neúspěšnost verifikace. Někteří z výrobců udávají úspěšnost rozpoznání obličeje svých softwarů na hranici 90%. V těchto případech se ale jedná o systémy, které počítají s kooperací zkoumaného obličeje. Jedná se o systémy, které jsou vhodné pro komerční využití jako např. identifikace jednotlivce při vstupu do kanceláře. Tento systém je využíván na mnoha letištích jako kontrolní prvek, kdy cestujícímu je kontrolován, pokud má již biometrický pas, ve speciálních branách. Přiložením pasu na čtecí a skenovací zařízení dojde k načtení informací do systému a po následném pořízení snímku obličeje jsou údaje kontrolovány.

Soudobé technologie neumožňují verifikaci, s úspěšností okolo 90%, v místech jako je letištní hala. V místech se zvýšenou intezitou pohybu cílů a jejich nestálostí (pohybem po prostoru) je technologicky a finančně velmi náročné zabudovat systém s potenciálem real-time identifikace osoby podle rozpoznání obličeje. [29]

### 3.8.1 Principy rozpoznávání obličeje

Při rozpoznávání obličeje se pracuje se třemi základními principy:

- Verifikace 1:1
- Identifikace 1:N
- Srovnání šablon

Porovnávání tváří je složitý proces, jehož přesný způsob je součástí know-how. Principem je porovnávání charakteristiky tváře a přiřazování hodnocení každé jednotlivé charakteristice. Pro přesnou identifikaci je nutné zajistit, aby testované rysy tváře byly normalizovány. Tedy, aby každý obraz tváře splňoval kritéria srovnávání, jako např. natočení obličeje, zarovnání podle os. Následně je standartizovaný referenční obraz porovnáván s dalšími obrazy v databázi. Většina soudobých softwarů prezentuje výsledek jako sestupné srovnání míry podobnosti. Neboli srovnání od nejvíce odpovídajících obličejů až po minimální schodu.

#### Kroky v procesu rozpoznání obličeje:

- Detekce tváře v prostoru
- Přesná lokalizace hlavy
- Rozpoznávání důležitých markantů v obličejí
- Proces identifikace

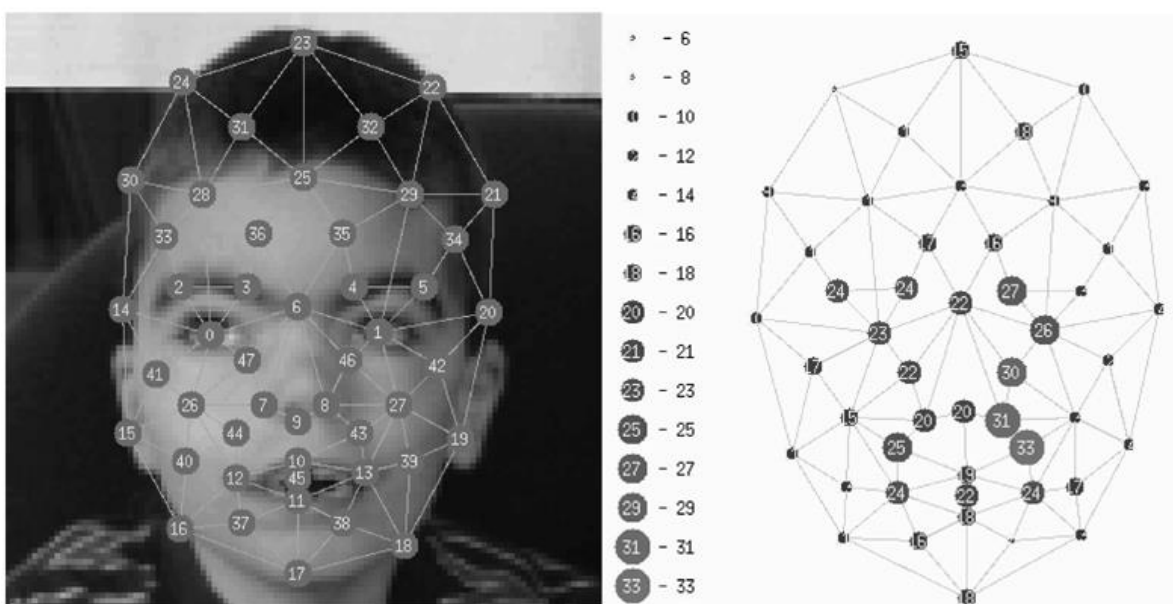
Při implementaci systému, který identifikuje osoby pomocí rozpoznání tváře, je důležité si prvně určit, na jaký typ obrazu bude systém využíván. Forma zpracování obrazu může být ve formátu 2D nebo 3D. Dalším kritériem při rozhodování je provádění identifikace na statickém či dynamickém snímku, přičemž posledně zmíněný lze rozložit na několik jednotlivých statických obrazů. Pro správné a nezkrácené provedení identifikace je nezbytné nastavení úhlu pořizovacího pohledu (čelní, boční pohled, kombinace). Při porovnávání identifikačních markantů hraje podstatnou roli světlo. Vzniká tu potřeba ideálního nasvětlení místa, kde má dojít k vytvoření snímku (identifikaci). Technické specifikace uvádějí minimální rozlišení kamery 40 pixelů mezi zorničkami očí. V případě optimální vzdálenosti se uvádí 80 – 100 pixelů. Pokud je hodnota nižší než zmiňovaných 40 px, nastane prudké snížení úspěšnosti identifikace.

## Technické podmínky pro rozpoznávání tváře:

- Viditelnost obličeje
- Rozlišení kamery
- Počet tváří v jednom snímku
- Úhel natočení obličeje

### 3.8.2 Lokalizace obličeje

Sociální sítě zaměřené na sdílení fotografií již běžně disponují nástroji na automatické rozpoznání obličeje na fotografii. Dnes známe několik algoritmů k rozpoznání objektů v obraze, většina z nich aplikuje metodu převedení obrazu do vektorového modelu. Fotografie je převedena na vysokorozměrný vektor, resp. na body ve vysokorozměrném prostoru. [30]



Obrázek 5. Gaborova vlnková transformace různých prostorových velikostí a orientací [39]

### 3.8.3 Využití na letištích

Počet pasažérů pohybujících se na letišti má stoupající tendenci. Čím více lidí se kumuluje na jednom místě, tím více musí být zabezpečení letiště připravené čelit problémům. Velká mezinárodní letiště by se dala, s trochou nadsázky, označit za metropolitní města ve městě. Rozsáhlost letiště snižuje efektivitu lokalizace podezřelého chování, čemuž rovněž nepomáhá intenzivní pohyb velkého množství lidí.

Jednou z možných alternativ zvýšení zabezpečení jednotlivých sektorů letiště je monitorování prostoru pomocí CCTV kamer (Closed-Circuit Television) a následném implementování softwaru na rozpoznávání obličeje. Nedostatek tohoto monitorování je zatím neúplná databáze využitelných fotografií pro porovnání obrazů. Pokud jde o provedení



rozpoznání obličeje bez interakce s hledanou osobou a rozpoznání probíhá v živém přenosu je to ta nejnáročnější situace. Pokud je systém využíván s předpokládanou interakcí cestujícího, jako např. při kontrole identity, implementace softwaru a technologie je dnes spíše finanční otázkou. Větší letiště tento systém úspěšně zabudovali do svého procesu odbavení cestujícího za účelem snížení doby odbavení, eliminace front a monitorováním pohybu cestujících.

Využití systému, při znalosti tváře hledané osoby, bezpečnostní složky úspěšně využívají. Pod pojmem hledaná osoba si lze představit člověka, který spáchal nebo je podezřelý ze spáchání trestního činu, terosristu nebo například dítě, které se ztratilo v davu. Principem systému je porovnávání tváří v databázi se snímky, které jsou zachyceny na kamery v systému. K tomu se používá bodové ohodnocení tzv. markantů v obličeji.

Dnešní systémy jsou sofistikovány tak, aby v případě zakrytí části obličeje brýlemi, šátkem či jinou pokrývkou hlavy, byl systém stále adaptibilní. Pro kvalitní a přesnou identifikaci je zapotřebí využít vyšší rozlišení kamer (3-5 megapixelů). Kamery by měly být umístěny tak, aby se minimalizoval úhel kamery s tváří. Maximální úhel je uváděň 30°. Pro zachycení obličeje je nutné, aby snímaná osoba stála či se pohybovala směrem k čočce kamery. Z tohoto důvodu se kamerový systém používá v místech s daným směrem, kde se očekává plynulý přímý průchod, jako např. chodby, fronty, kontrolní brány. Záznam pořízený kamerami může být využit i při zpětném zkoumání a proto je nutné záznam ukládat na datová úložiště. To ale mohou být tisíce hodin záznamu, který je potřeba ukládat do kapacitních úložišť NVR (Network Video Recorder) nebo do DVR (Digital Video Recorder).

Japonská společnost Hitachi Kokusai Electric, vyvinula novou generaci bezpečnostního kamerového systému, který dokáže zachycenou tvář porovnávat až s 36 milionem tváří v jedné vteřině. I toto je pádný argument, proč by se měli bezpečnostní kamery stát běžnou součástí kontroly na letišti, i přestože existuje několik náznaků, že v právních aspektech, se může tento systém pohybovat na hraně práva jednotlivce na soukromí. Pražské letiště Václava Havla a vládní garnitura odsouhlasila uvolnění 154 milionů korun ze státního rozpočtu na modernizaci systému ostrahy, včetně zavedení systému na rozpoznávání obličejů cestujících. [31] [32]

## 4 Analýza dostupnosti datových sad pro aplikaci Big Data

Základním nástrojem pro správu dat jsou relační databáze. Pokud se při analýze dat využívají jen strukturovaná data relační databáze, jsou ideálním nástrojem. V dnešní době můžeme mít relační databázi velkého objemu, při zjednodušeném pohledu můžeme říci, že objem databáze je pouze závislý na kapacitě datového skladu. Další možností v řešení požadavků na zpracování objemného souboru dat je použití pouze části dat, u kterých se provede analýza (hypotéza) a ta se následně ověřuje. V případě možnosti využití super výkonného počítače lze využít komplikované, masivní paralelní výpočty. Tato metoda je finančně velmi náročná jak na režijní náklady (koupě superpočítače) tak na náklady spojené s provozem (elektřina). Pokud máme nestrukturovaná data, je výhodné použít jednu z technologií určených přímo na analýzu Big Data.

### 4.1 Apache Hadoop

Jednou z rozšířených možností pro správu dat je software Apache Hadoop pro paralelní běh aplikací pro zpracování velkého objemu dat, který navazuje na svého předchůdce Apache Nutch, jenž byl spuštěn v roce 2002. Jedná se o open-source projekt společnosti Google, který je vhodný pro analýzu Big Data. Projekt Hadoop byl vyvinut pro spolehlivé, škálovatelné a distribuovatelné skladování dat a jejich zpracování. Program je podporovaný komunitou AFS (Apache Software Foundation), která poskytuje organizační, právní a finanční podporu pro více jak 150 open-source projektů. AFS vytvořila definici Apache Hadoop, která zní *„Framework, který umožňuje distribuované zpracování objemných datových souborů pomocí jednoduchých programovacích modelů. Je navrhnutý tak, aby bylo možné škálovat z jednoho serveru až na tisíc strojů, z kterých každý poskytuje svůj výpočtový výkon a úložný prostor. Pro poskytnutí vysoké dostupnosti se nespolehá na hardware, ale software je schopen sám od sebe zajistit a případně vyřešit poruchy na aplikační úrovni.“* [33]

Apache Hadoop je naprogramován v jazyce Java a je složen z množství knihoven, HDFS (Hadoop Distributed File System) a MapReduce.

#### 4.1.1 HDFS

Distribuovaný souborový systém, který je navrhnutý k seskupení souborových systémů jednotlivých nodů (počítačů) v clusteru. Tímto se umožní uložení dat v počítačové síti a dojde k odstranění komplikace s hardwarovou kapacitou konkrétních počítačů. Díky tomu můžeme ukládat větší množství dat, než jsou schopny přijmout dílčí paměti. HDFS je postavený na

architektuře master-slave. Podobný princip se používá u rádiového navigačního systému LORAN. HDFS cluster obsahuje dva základní typy uzlů:

- **NameNode:** řídicí uzel (popřípadě uzly), jenž řídí celý souborový systém a reguluje přístup k souborům. Obsahuje metadata<sup>8</sup> o samotném uložení dat. Pro Hadoop je NameNode uzel klíčový a musí být zajištěna jeho dostupnost pro správné fungování software
- **DataNode:** podřízeny uzel (uzly) zajišťující ukládání dat s určitým stupněm redundance. Ke správnému fungování Hadoopu není nutná vysoká dostupnost.

V praxi se používá struktura, kdy NameNode běží na jednom dedikovaném počítači a na dalších připojených je uzel typu DataNode. Je možné spuštění více uzlů DataNode, ale hrozí spadnutí systému.

Výhodou HDFS kromě odolnosti je i vysoká propustnost dat, která umožňuje použití objemných datových sad. Software není vhodný pro zpracování malého objemu dat, náhodná čtení či zápis s krátkou odezvou. Pro tyto případy je efektivnější použití relačních databází.

#### 4.1.2 Výhody HDFS

Úspora - běží na obvyklých serverech, není potřeba investice do složitější serverové sítě

**Spolehlivost** - HDFS řeší redundanci a obnovu dat při výpadku bez nutnosti RAID<sup>9</sup>

**Rozšiřitelnost** - automatické přenášení dat na nový uzel při zvětšení clusteru

Architektura systému HDFS [34]

#### 4.1.3 MapReduce

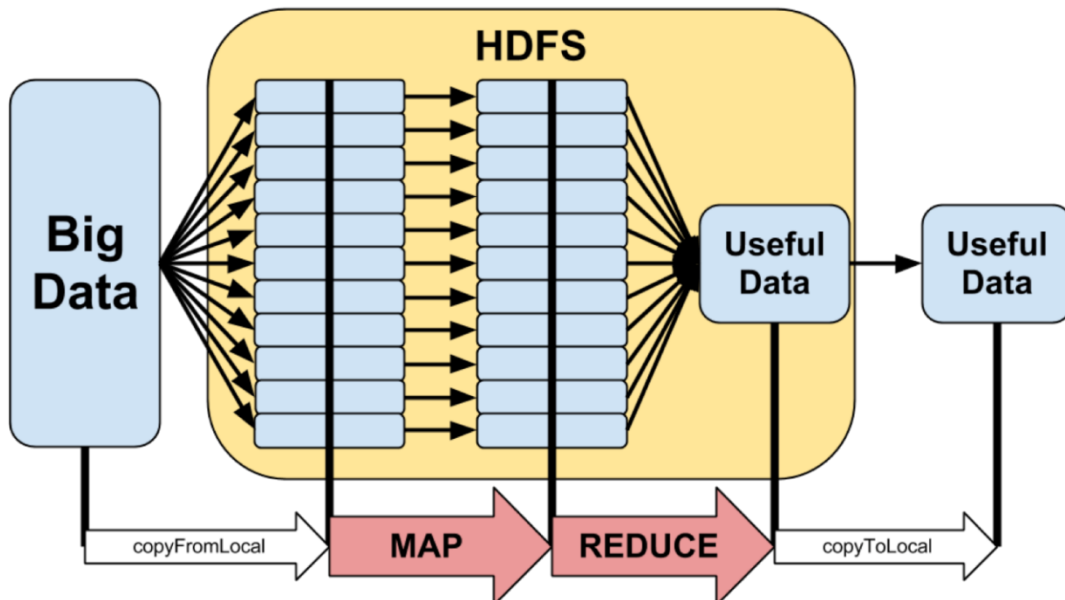
MapReduce jsou programovací knihovny, které jsou určeny na paralelní zpracování sad. Zpracování velkého objemu textových dat je víceméně jednoduchá záležitost. Pokud je ale hlavním požadavkem, aby byl výpočet proveden v rozumném čase je nutné jej rozdělit mezi více strojů a tím se úloha komplikuje. Firma Google přišla s abstrakcí, která skrývá paralelizaci, vyvážení zátěže a rozdělení dat do knihovny s programovacím schématem MapReduce, které je možné provozovat na běžných počítačích. Skládá se ze dvou fází, Map a Reduce. Fáze Map nejprve rozdělí na vstupu datový soubor do samostatných bloků (slave uzly), které jsou zpracovány paralelně. Následný výstup z této fáze vstupuje do fáze Reduce, kde se redukuje tyto seznamy pomocí binární funkce, která redukuje výsledek na „master uzlu“ a samostatné bloky jsou zpracovány do výsledného výstupu. Je zde uplatněn princip nadřazených a podřazených (master/slave) uzlů. [33]

<sup>8</sup> Metadata: data poskytující informaci o datech

<sup>9</sup> RAID: zabezpečení dat při závadě pevného disku pomocí ukládání na více nezávislých disků

## Výhody MapReduce

- **Distribuovatelnost** - rovnoměrné rozložení úlohy do jednotlivých výpočetních uzlů s ohledem na jejich výkon
- **Škálovatelnost** - možnost doplnění dalších uzlů do clusteru
- **Robustnost** - obnovení úlohy při lokálním výpadku



Obrázek 6. Využití MapReduce při Hadoop [40]

V praxi se vyskytují různé projekty založené na principu Apache, jako například: YARN, Hive, Hbase, Pig, Zookeeper

## 5 Aplikace nástrojů na dostupné datové sady

V předešlých kapitolách bylo rozebráno a odůvodněno proč je výhodné využívat Big Data v letecké dopravě. Letecké společnosti využívají strukturovaná data o zákaznících ke zlepšení svých služeb již několik let, některé velké společnosti již i desetiletí. Ale s rozvojem technologie se letecké společnosti zaměřily na analyzování objemných nestruturovaných datových sad. Níže je přehled několika software nabízející analyzování fenoménu Big Data

### 5.1.1 Mosaik ATM

Mosaic ATM je menší firma založená v roce ve Washingtonu s cílem zlepšit efektivnost a bezpečnost letecké dopravy. Mosaic ATM spolupracuje se širokou škálou vládních i nevládních organizací. FAA si vybrala ATM jako partnera pro spolupráci na projektu NextGen, kde ATM plní klíčovou roli při analyzování dat. ATM a FAA spolu kooperují na několika projektech, které mají, v krátké budoucnosti, modernizovat a vylepšit TFM (Traffic Flow Management). ATM se snaží umožnit sdílení velkého množství informací a urychlit proces výměny dat mezi několika uživateli a subjekty. ATM pro tento účel vyvinula systém SWIM (Systém Wide Information Management). Další činností je snaha poskytnout různorodou sadu informačních nástrojů podporující rozhodování pro celou řadu organizačních jednotek zapojených v provozu letiště nebo vytváří podklady pro plánování konfigurace letiště. ATM současně navázala spolupráci na mezinárodních projektech s vládní agenturou NASA. [35]

### 5.1.2 PROS

Deregulace v 70. letech neměla za následek jen vznik a rozvoj nízkonákladových společností, ale na trhu se náhle vyskytla poptávka pro poradenské firmy, které se zabývaly tzv. revenue managementem. Jedním z příkladů je společnost PROS, která byla založena roku 1985.

Transparentnost cen je na takové úrovni, že pro spotřebitele již dnes není problémem provést i složitější porovnání řady nabídek z několika zdrojů a tím realizovat nákup za nejlepší cenu. Globální konkurence a proměnlivost trhu vyvíjí na letecké společnosti tlak ke stabilizování, resp. snížení nákladů a maximalizování příjmů. Software, který je vyvíjen firmou Pros se zaměřuje na tu druhou část, maximalizování příjmů. PROS analyzuje prodejní a cenovou politiku společnosti, různé cenové strategie a současně zvyšuje viditelnost na trhu a tím obchodní agilitu. Výsledkem spolupráce letecké společnosti a firmy PROS by měla být vítězná cenová strategie reagující na neustále se měnící poptávku. PROS rozdělilo svůj program do třech následujících kroků: Selling, Pricing, Revenue [36]

### 5.1.3 masFLIGHT

Emirates, Delta, Southwest, United, Boeing, AmericanAirlines, GE Aviation... To je jen krátký výčet společností pracujících se softwarem masFLIGHT. Společnost, založená v roce 2010 a dnes je součástí GEE, umožňuje zpracování Big Dat a také uložení dat do cloudového úložiště. MasFLIGHT nabízí analyzování v reálném čase pro každodenní rozhodování, ale jednou z jeho výhod je datový sklad, který je zdrojem historických dat určených k prediktivní analytice. Letecké společnosti a průmysl obecně potřebuje spolehlivé a přesné údaje, které jsou snadno dostupné a hlavně dostupné s minimálním časovou prodlevou. MF vybudovalo flexibilní a škálovatelné řešení pro skladování a propojení různých datových sad, vytvořili sofistikované analytické nástroje a umožnili využití různorodých typů dat napříč celým letectvím, jako např.: letové údaje, údaje o stávajícím počasí, meteorologická předpověď, rozpis letů, letištní informace, informace o zabezpečení a management data. Řešení m je snadno integrovatelné do klientské architektury, což eliminuje potřebu časově náročných aktualizací. [37]

## 6 Závěr

Impulsem k výberu tématu této práce byl autorův zájem o letectví, konkrétně o zabezpečení provozu a současně o moderní technologie, které jsou používány ve světě současné informatiky. Hlavní motivací bylo nalézt a zjistit, jaký je stávající a budoucí souběžný trend, který by spojoval obě odvětví s velkým potencionálem rozvoje do budoucna. Jedním z problému, se kterým se práce potýkala, byla malá veřejná dostupnost či dohledatelnost informací. Jedním z důvodu je poměrně slabá znalost odborné veřejnosti a tím i minimální diskuze o tématu, jak na odborné, tak na univerzitní půdě. Druhým logickým problémem je, že pokud mluvíme o zabezpečení, tak musíme druhým dechem dodat určitý stupeň kontroly publikace materiálu. Práce přináší přehled současné technologie, která je využívána k zabezpečení letu či předletové fáze cestujícího. Zvolené téma nabízí mnohem objemnější popis jednotlivých částí a tak by tato práce měla sloužit jako návod a nástroj pro budoucí konkrétní rozebrání jednotlivých částí problematiky Big Dat v letectví.

Jedním z cílů práce bylo definovat a přiblížit čtenáři pojem Big Data tak, aby získal přehled a vědomost o této problematice a byl následně schopen přijmout důležité souvislosti. Text přináší odpovědi na otázky ohledně práce s velkým objemem nestrukturovaných dat. Tyto odpovědi jsou především v první kapitole, kdy se text zabývá obecnou problematikou a definuje obecné pojmy pro práci s Big Daty.

Práce byla strukturována se zaměřením na leteckou dopravu a dala by se rozdělit na dvě stěžejní části. První částí je zaměření na produkci a následnou analýzu dat pro obchodní využití. Touto problematikou se práce zabývá jen okrajově, protože ve veřejném sektoru je publikováno mnoho kvalitních prací zaměřujících se na využití Big Dat pro obchodní strategie leteckých společností a práce popisují vývoj letecké dopravy od období po deregulaci.

Druhá část je věnována problematice Big Dat v oboru zabezpečení letecké dopravy, na který je v posledních letech kladen velký důraz. Postupná globalizace světa umožnila téměř nekontrolovatelný pohyb po všech světových kontinentech s minimální časovou náročností. Milníkem v letecké dopravě, po stránce zabezpečení, bylo 11. září 2001. Mezinárodní organizace pro civilní letectví a vládní garnitury jsou nuceni vyvinout maximální snahu ve vývoji zabezpečení a Big Data mohou být důležitým nástrojem systému, aby se podobné selhání již neopakovalo. Investice do zabezpečujících systému jsou slibným příslibem do budoucna. Příkladem je rekord Letiště Václava Havla, které v červnu roku 2016 registrovalo 1 454 704 průchozích cestujících.

V práci je popsáno několik způsobů realizace získání informace z velkého objemu dat a její následné systémové využití. Ať se jedná o zabezpečení areálu letiště, či o získání přehledu o

cestujícím. V textu jsou zmíněny případy, kdy byl výzkum technologie zastaven z důvodu mohutných protestů, hlavně z řad ochránců práv na soukromí. Pokud, ale chceme zajistit, co největší bezpečností dopad a získat téměř neproniknutelný systém. Je nutné se pohybovat na hraně a někdy až za hranou práva. Na druhou stranu je potřeba reagovat i na kritiku a vždy dojít ke kompromisu vyhovující oběma stranám.



## 7 Použité zdroje

- [1] DOLÁK, O. Big Data [online] [cit. 2016-07-09] Dostupný z: <<http://www.systemonline.cz/clanky/big-data.htm>>.
- [2] OHLHORST, F. Big data analytics: turning big data into big money [online]. Hoboken, N. J.: Wiley, Inc., 2013. Wiley& SAS business series [cit. 2016-07-09]. Dostupné z: <<http://site.ebrary.com/lib/vsep/Doc?id=10630556>>.
- [3] MANYIKA, J. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity [online] [cit. 2016-07-09] Dostupný z: <[http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/big\\_data\\_the\\_next\\_frontier\\_for\\_innovation](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/big_data_the_next_frontier_for_innovation)>.
- [4] STEWART, Darin. 2013. Big Content: The Unstructured Side of Big Data. In: Gartner Blog Network [online]. [cit. 2016-07-07]. Dostupné z: <http://blogs.gartner.com/darin-stewart/2013/05/01/big-content-the-unstructured-side-of-big-data/>
- [5] ZIKOPOULOS, Paul C., Dirk DEROOS et al. 2013. Harness the Power of Big Data: The IBM Big Data Platform. United States: The McGraw-Hill Companies, ISBN 978-0-07180818-7. [cit. 2016-07-11]
- [6] VAN RIJMENAM, Mark. 2013. Why The 3V's Are Not Sufficient To Describe Big Data. BigData-Startups.com [online]. [cit. 2016-07-11]. Dostupné z: <http://www.bigdata-startups.com/3vs-sufficient-describe-big-data/>
- [7] SystemOnLine. *Big data* [online]. 2011 [cit. 2016-07-12]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/big-data.htm>
- [8] KTD - Česká terminologická databáze knihovnictví a informační vědy. Datová sada [online]. [cit. 2016-07-12]. Dostupné z: <http://aleph.nkp.cz/publ/ktd/00000/05/000000522.htm>
- [9] Air Passenger Rights. Your Europe [online]. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: [http://europa.eu/youreurope/citizens/travel/passenger-rights/air/index\\_en.htm](http://europa.eu/youreurope/citizens/travel/passenger-rights/air/index_en.htm)
- [10] AIR PASSENGER RIGHTS EU COMPLAINT FORM. European Commission [online]. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/transport/themes/passengers/air/doc/complain\\_form/eu\\_complaint\\_form\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/themes/passengers/air/doc/complain_form/eu_complaint_form_en.pdf)
- [11] RAJENDRA AKERKAR, ANALYTICS ON BIG AVIATION DATA: TURNING DATA INTO INSIGHTS [online]. [cit. 2016-07-14]. Dostupné z: <http://www.tmrfindia.org/ijcsa/v11i35.pdf>

- [12] SUNDMAEKER, Harald. Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. [cit. 2016-07-14] ISBN 978-92-79 15088-3.
- [13] ACCENTURE, Industrial Internet Insights Report for 2015 [online]. [cit. 2016-07-14]. Dostupné z: [https://www.accenture.com/us-en/\\_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Industrial-Internet-Changing-Competitive-Landscape-Industries.pdf](https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Industrial-Internet-Changing-Competitive-Landscape-Industries.pdf)
- [14] RFID technologie. [online]. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: [http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid\\_obecne](http://www.rfidportal.cz/index.php?page=rfid_obecne)
- [15] Co je NFC, Near Field. [online]. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <http://nearfield.cz/co-je-nfc>
- [16] Bezdrátová technolojie NFC [online]. [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <https://www.svetandroida.cz/bezdratove-technologie-nfc-201507>
- [17] Neil A. H. Campbell, The Evolution of Flight Data Analysis. [online]. [cit. 2016-07-19]. Dostupné z: [http://asasi.org/papers/2007/The\\_Evolution\\_of\\_Flight\\_Data\\_Analysis\\_Neil\\_Campbell.pdf](http://asasi.org/papers/2007/The_Evolution_of_Flight_Data_Analysis_Neil_Campbell.pdf)
- [18] Penton Business Media, COCKPIT VOICE RECORDERS/FLIGHT DATA RECORDERS. [online]. [cit. 2016-07-19]. Dostupné z: <http://bl7bh5vf9y.search.serialssolutions.com/>
- [19] AINonline, Big Data Helps GE Drive Airline Efficiency [online]. [cit. 2016-07-20]. Dostupné z: <http://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2014-07-16/big-data-helps-ge-drive-airline-efficiency>
- [20] GE Aviation, Fuelling Global Airlines - GE 's Industrial Internet makes aviation sector more efficient [online]. [cit 2016-07-20]. Dostupné z: [http://www.ge.com/europe/downloads/MM\\_CaseStudies\\_Aviation\\_Alitalia.pdf](http://www.ge.com/europe/downloads/MM_CaseStudies_Aviation_Alitalia.pdf)
- [21] White Paper, Understanding Required Navigation Performance (RNP) and Area Navigation (RNAV)Operations [online]. [cit. 2016-07-21]. Dostupné z: [https://www.uasc.com/docs/default-source/documents/whitepapers/uasc\\_rnp-rnav\\_whitepaper.pdf?sfvrsn=2](https://www.uasc.com/docs/default-source/documents/whitepapers/uasc_rnp-rnav_whitepaper.pdf?sfvrsn=2)
- [22] Bruce Tarbert, Area Navigation (RNAV) and Required Navigation Performance (RNP) [online]. [cit. 2016-07-21]. Dostupné z: <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/31453/5.Tarbert.pdf>
- [23] FAA, NextGen [online]. [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <http://www.faa.gov/nextgen/media/NextGenUpdate2014.pdf>
- [24] FAA, NextGen Implementation Plan 2015 [online]. [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: [https://www.faa.gov/nextgen/media/NextGen\\_Implementation\\_Plan-2015.pdf](https://www.faa.gov/nextgen/media/NextGen_Implementation_Plan-2015.pdf)

- [25] Ministerstvo dopravy ČR, OCHRANA MEZINÁRODNÍHO CIVILNÍHO LETECTVÍ PŘED PROTIPRÁVNÍMI ČINY [online]. [cit. 2016-07-23]. Dostupné z: [http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-17/data/print/L-17\\_cely.pdf](http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-17/data/print/L-17_cely.pdf)
- [26] PRICE, J.; FORREST, J.. Practical aviation security: Predicting and preventing future threats. New York: Butterworth-Heinemann.2009
- [27] IATA. [online]. c.2011. <URL <http://www.iata.org/>>
- [28] Ota Hajzler, Bezpečnost letecké dopravy [online]. [cit. 2016-08-03]. Dostupné z: [http://www.csvs.cz/projekty/2014\\_veda\\_pro\\_zivot/KA3\\_prilohy/prezentace-k-prednaskam/4\\_Ota%20Hajzler\\_Bezpecnost%20letecke%20dopravy.pdf](http://www.csvs.cz/projekty/2014_veda_pro_zivot/KA3_prilohy/prezentace-k-prednaskam/4_Ota%20Hajzler_Bezpecnost%20letecke%20dopravy.pdf)
- [29] Nakreslete zločince a pošlete ho za mříže. Technet.cz [online]. [cit. 2016-08-03]. Dostupný z: [http://technet.idnes.cz/nakreslete-zlocince-a-poslete-ho-za-mrize-f14-/tec\\_tecnika.asp?c=A080505\\_151953\\_tec\\_tecnika\\_kuz](http://technet.idnes.cz/nakreslete-zlocince-a-poslete-ho-za-mrize-f14-/tec_tecnika.asp?c=A080505_151953_tec_tecnika_kuz)
- [30] ŠČUREK, Radomír. Biometrické metody identifikace osob v bezpečnostní praxi. VŠB TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnostního managementu, Oddělení bezpečnosti osob a majetku [online]. 2008 [cit. 2016-08-03]. Dostupný z: [http://www.fbi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fbi/biometricke\\_metody.pdf](http://www.fbi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fbi/biometricke_metody.pdf).
- [31] Francis Bea, Goodbye, anonymity: Latest surveillance tech can search up to 36 million faces per second [online]. [cit. 2016-08-03]. Dostupné z: <http://www.digitaltrends.com/cool-tech/goodbye-anonymity-latest-surveillance-tech-can-search-up-to-36-million-faces-per-second/>
- [32] Ayonix [online]. [cit. 2016-08-03]. Dostupné z: <http://ayonix.com/solutions/security/public-security-solutions/airport-security/>
- [33] LACINÁ, Z. Linked Data, Open Data a Big Data [online] [aktualizováno: 2014] [cit. 2016-08-05] Dostupný z: <http://home.zcu.cz/~lacinaz/pdb/Lacina.pdf>
- [34] PROFFITT, B. Hadoop: Velká příležitost pro korporátní data (str. 14) [online]. [cit. 2016-08-05] Dostupný z: <http://data.computerworld.cz/file/BigData/BigData-2012-web.pdf>
- [35] MosaicATM [online]. [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: <https://www.mosaicatm.com>
- [36] PROS [online]. [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: <http://www.pros.com>
- [37] Tulinda Larsen, Cross-Platform Aviation Analytics Using Big-Data Integration Methods [online]. [cit. 2016-08-10]. Dostupné z: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6548678](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6548678)
- [38] Jan Hodinka, METODY, TECHNICKÉ PROSTŘEDKY A PROCEDURY PLÁNOVÁNÍ A NAVIGACE LETU PO VOLNÝCH TRATÍCH V PODMÍNKÁCH RVSM [online]. [cit. 2016-08-13]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=6583](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6583)

- [39] LOOS, Hartmut, WIECZOREK, Dagmar. Computer-based recognition of dysmorphic faces [online]. 2003 [cit. 2007-12-28]. Dostupný z: <http://www.nature.com/ejhg/journal/v11/n8/full/5200997a.html> ISSN 1018-4813.
- [40] Conceptual Overview of Map-Reduce and Hadoop, [online]. [cit. 2016-08-18]. Dostupné z: <http://www.glennklockwood.com/data-intensive/hadoop/overview.html>

## **8 Seznam obrázků**

Obrázek 1. Flight Recorder B707

Obrázek 2. Schéma RNAV systému - Komplexní Multi-senzorový

Obrázek 3. Proces standardního odbavení cestujících v USA

Obrázek 4. Sken elektronického zařízení

Obrázek 5. Gaborova vlnková transformace různých prostorových velikostí a orientací

Obrázek 6. Využití MapReduce při Hadoop

## **9 Seznam tabulek**

Tabulka 1. Zpožděné a zrušené lety ve dne 13. a 14. 8.

Tabulka 2. Zpožděné odlety v rozmezí 2008 – 2016

Tabulka 3. Vývoj nahrávacích zařízení