

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Tomáš Chlumský
**VYUŽITÍ RESILIENCE ENGINEERING V LETECKÉ
DOPRAVĚ**

Diplomová práce

2015



K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Tomáš Chlumský

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Využití resilience engineering v letecké dopravě**

Název tématu (anglicky): Application of Resilience Engineering to Air Transport

Zásady pro vypracování

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

- Úvod
- Představení resilience engineering a jeho nástrojů
- Zhodnocení potenciálu využití nástrojů resilience engineeringu pro praxi leteckých organizací
- Zkoumání nehod, bezpečnostních událostí a podmínek pro správné fungování provozního systému v letecké organizaci
- Poznatky a doporučení
- Shrnutí
- Závěr

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Hollnagel Erik, FRAM: The Functional Resonance Analysis Method, 2012
Herrera I.A., Woltjer R., Comparing a multi-linear (STEP) and systemic (FRAM) method for accident analysis
de Carvalho Paulo Victor Rodrigues, The use of Functional Resonance Analysis Method (FRAM)

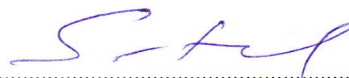
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Peter Vittek**

Datum zadání diplomové práce: **28. června 2013**
(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 diplomové práce: **31. května 2015**
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

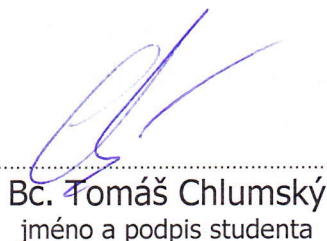


doc. Ing. Daniel Hanus, CSc.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Tomáš Chlumský
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. prosince 2014

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli a podpořili mě při vypracování této práce. Zvláštní poděkování pak patří především vedoucímu práce, kterým byl Ing. Peter Vittek, za jeho rady a připomínky, které pomohly nasměrovat práci výsledným směrem. Dále bych chtěl také poděkovat Monice Jemelíkové za pomoc s holandským překladem, Elišce Novotné za konzultaci anglického překladu a Ludmile Šindlerové za neúnavnou závěrečnou korekturu a podporu při tvorbě práce. V neposlední řadě také patří dík mé rodině, díky jejíž morální i materiální podpoře jsem mohl studovat a věnovat se této práci.

Prohlášení

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

Nemám závažný důvod proti užívání 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).

„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.“

V Praze dne 31. 5. 2015



.....

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VYUŽITÍ RESILIENCE ENGINEERING V LETECKÉ DOPRAVĚ

Diplomová práce

Květen 2015

Bc. Tomáš Chlumský

Klíčová slova / Key words: Resilience engineering, Functional resonance analysis method, FRAM

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je představení resilience engineering a jeho nástroje Functional Resonance Analysis Method (FRAM) a posouzení přínosu a využitelnosti resilience engineering a metody FRAM pro civilní letectví. Pro posouzení je metoda FRAM v práci aplikována na vyšetřování nehody letů KLM 4805 a Pan Am 1736, která se stala 27. března 1977 na letišti Los Rodeos na Tenerife, a na analýzu postupů pro vyhýbání srážkám na okruhu neřízeného letiště.

ABSTRACT

The subject of this thesis is a presentation of resilience engineering and of its tool Functional Resonance Analysis Method (FRAM) and an evaluation of their benefits for civil aviation. For the purpose of the evaluation FRAM is applied to the investigation of the accident of KLM 4805 and Pan Am 1736 flights on 27 March 1977 at Los Rodeos, Tenerife and to the analysis of procedures for collision avoidance in the traffic circuit of an uncontrolled aerodrome.

Obsah

1. Seznam použitých zkratk	5
2. Úvod	6
3. Teorie Resilience engineering	7
3.1. Teorie komplexních systémů	7
3.2. Vývojová paralýza	7
3.3. Viditelná bezpečnost	10
3.4. Vysvětlení pojmu resilience	11
3.5. Chyby a selhání v resilience engineering	12
3.6. Význam člověka v systému	13
3.7. Lineární uvažování	14
3.8. Functional Resonance Analysis Method	15
4. Použití metody FRAM	17
4.1. FRAM model – funkce a jejich parametry	17
4.2. Postup vytvoření modelu FRAM	18
5. Případové studie	20
5.1. Tenerife 1977	20
5.1.1. Stručný popis události	20
5.1.2. Vytvoření modelu	22
5.1.3. Popis potenciální variability	29
5.1.4. Popis stavu modelu	29
5.1.5. Analýza stavu modelu v době nehody	37
5.1.6. Závěry analýzy	40
5.1.7. Vyhodnocení	43
5.2. Postupy pro vyhýbání se srážkám na okruhu	48
5.2.1. Stručný popis situace	48
5.2.2. Vytvoření modelu	49
5.2.3. Model předávání informací o vlastní poloze	57
5.2.4. Model sledování okolního provozu	63
5.2.5. Vyhodnocení	71
6. Závěr	73
7. Použitá literatura	76
8. Seznam příloh	78

1. Seznam použitých zkratek

AFIS	Aerodrome flight information service (Letištní letová informační služba)
ATC	Air traffic control (Řízení letového provozu)
ATZ	Aerodrome traffic zone (Letištní provozní zóna)
CAPT	Captain (Kapitán)
FO	First officer (První důstojník)
FPL	Flight Plan (Letový plán)
FRAM	Functional resonance analysis method
MCC	Multi Crew Co-operation (Spolupráce ve vícečlenné posádce)
SOP	Standard operating procedures (Standardní provozní postupy)

2. Úvod

Slovo resilience znamená v doslovném překladu odolnost, pevnost, nebo houževnatost. Systém lze označit za odolný, pokud se dokáže adaptovat na události, jako jsou změny, nové příležitosti nebo vyrušení – a to jak ty předem předpokládané, tak ty nepředpokládané – a díky tomu dokáže udržet požadovaný každodenní provoz (Hollnagel, 2014, s. 12). Tím, jak a zda je možné tuto odolnost vestavět do socio-technických systémů, jakým je i letectví, se zabývá přibližně od přelomu tisíciletí nový obor výzkumu bezpečnosti – resilience engineering. Ten, na rozdíl od dřívějších přístupů, předpokládá, že provozní postupy nemohou z principu obsáhnout celou šíři možných situací, které v každodenním provozu nastávají. Systém tedy – typicky díky lidským operátorům – musí tyto postupy aktivně přizpůsobovat nastalým situacím a právě schopnost provádět tuto adaptaci dostatečně rychle a v dostatečné míře je považována za odolnost (resilience) (Woods 2006, s. 3–5).

Functional Resonance Analysis Method je nástrojem resilience engineering. Zatímco dřívějších přístupy k vyhodnocování provozních postupů a vyšetřování nehod řadily události chronologicky, používá FRAM systematické modelování systému. Na rozdíl od dříve používaných lineárních modelů znázorňuje FRAM funkční vazby mezi jednotlivými funkcemi systému. Díky výstupům lineárních modelů je možné najít vysvětlení, jak systém funguje, jak na sebe navazují jednotlivé úkony, nebo v případě vyšetřování, jak k nehodě došlo, případně která součástka selhala, nebo kdo je viníkem. Výstupem FRAM je systematický model, který umožňuje nikoli pouze vysvětlení nebo popis událostí, ale především pochopení jejich skutečné příčiny, která se často neomezuje do jednotlivé události, kterou by bylo možné najít na časové ose lineárního modelu (Hollnagel, 2012; Herrera, 2010).

Cílem této práce je ověřit následující dvě hypotézy týkající se využití resilience engineering a jeho nástroje, metody FRAM, v civilním letectví.

Hypotéza 1: Resilience engineering umožňuje hlubší pochopení příčin úspěšného i neúspěšného chování každodenního provozu. Výstupy z analýz metodou FRAM jsou použitelné pro řízení rizik a jejich využití je pro řízení rizik přínosné.

Hypotéza 2: Koncepty resilience engineering a použití metody FRAM jsou přiměřeně jednoduše pochopitelné a je s nimi možno pracovat i mimo laboratorní podmínky při praktickém vyšetřování leteckých nehod a při přípravě návrhů provozních postupů a systémových změn.

3. Teorie Resilience engineering

3.1. Teorie komplexních systémů

Ať už nahlížíme na obchodní leteckou dopravu jako na celek, nebo podrobíme zkoumání jen některé organizační, či provozní části, je všechny tyto systémy možné považovat za komplexní. Teorie komplexnosti přisuzuje komplexnímu systému řadu vlastností (Cilliers, 2005). Z nich jsou ve vztahu k Resilience engineering pro letectví nejdůležitější tyto:

- Komplexní systém se skládá z velkého množství komponent. Některé z nich (většina) mohou být velmi jednoduché.
- Výstup jednotlivého komponentu systému je funkcí vstupu. Některé funkce systému nejsou lineární.
- Jednotlivé komponenty systému interagují s mnoha jinými komponenty, přičemž mezi dvěma komponenty často existuje několik cest. Některé sekvence interakcí tvoří zpětnou vazbu.
- Chování systému jako celku je výsledkem interakcí mezi jeho komponenty, nikoli přímým důsledkem charakteristiky jednotlivých komponent.
- Komplexní systém je možné popsat více než jedním způsobem. Různé popisy rozkládají systém různými způsoby. Různé popisy jsou různě komplexní.

Pro plné pochopení fungování komplexních systémů bychom museli plně pochopit všechny jeho komponenty a vazby mezi nimi. Protože komplexní systémy jsou otevřené a zasazené do okolního prostředí, bylo by třeba před zkoumáním systému plně pochopit také vlastnosti prostředí, přičemž i okolní prostředí je samo o sobě komplexní. Takto podrobné zkoumání není v lidských silách. Proto všechny modely skutečných systémů, které se používají pro jejich výzkum a vývoj, musí redukovat jejich komplexnost. Touto redukcí však dochází k opomíjení určitých aspektů systému. Nelinearita funkcí uvnitř systému pak způsobuje, že nelze zcela přesně určit účinky zjednodušení modelu. Tyto účinky jsou pak dále podpořeny tím, jak se systém i jeho okolní prostředí v čase mění.

Pro zkoumání komplexních systémů tedy lze tvrdit, že znalosti o systému získané z určitého popisu jsou závislé na perspektivě, ze které byl popis vytvářen. Jak také vyplývá z výše uvedeného, komplexní systém nelze zcela popsat a tudíž jej ani nelze zcela řídit.

3.2. Vývojová paralýza

Vývoj vědeckého přístupu k bezpečnosti byl zpočátku formován nutností vypořádávat se především s technickými problémy. Proto i prostředky používané při výzkumu bezpečnosti

a vyšetřování nehod a incidentů měly a dodnes mají převážně technický původ. Letectví ale není čistě technickou disciplínou, protože velice významnou roli v něm hrají i činnosti prováděné lidskými pracovníky – můžeme tedy letectví nazvat socio-technickým systémem. Čistě technické prostředky tedy nemusí být dostatečné pro podchycení všech faktorů, které ovlivňují bezpečnost provozu. V případě vyšetřování nehod, ve kterých hrál roli lidský činitel, nelze vždy jednoduše izolovat jednotlivé selhání tak jako při hledání pevnostního prvku, který nevydržel zatížení, kterému bylo letadlo vystaveno. Stejně tak není možné ke všem nápravným opatřením v socio-technickém systému přistupovat pouze technicky – člověka nebo jeho schopnosti není možné v návrhu systému jednoduše posílit zvýšením číselně vyjádřeného součinitele bezpečnosti, nebo přepočítáním pevnosti konstrukce, tak jak je to možné v případě zmíněného pevnostního dílu.

Oba tyto nedostatky – nemožnost izolovat jednotlivou chybu a nemožnost chybu jednoduchými technologickými postupy odstranit – jsou již v letectví delší dobu známé. První z nich vedl k zavedení pojmů latentní podmínky a organizační faktory. Do sady technických prostředků k vysvětlení vzniku nehod byly tedy zařazeny nové pojmy, které rozšiřují pohled na lidskou chybu o předpoklady k jejímu vzniku, které sahají někdy i za (resp. v časovém kontextu před) rámec bezprostředního zkoumání vlastního průběhu nehody.

Pokud bychom k člověku přistupovali klasickým technickým přístupem, přirozeným, leč chybným předpokladem, by bylo, že správnou úpravou výcviku a provozních podmínek je možné dosáhnout toho, že se určitá chyba již nebude opakovat. Ani takto se ale lidská selhání vymýtit nepodařilo, což vedlo bezpečnostní vědu ke konstatování, že člověk je nevyhnutelně chybující prvek a v rámci řízení rizik je třeba s jeho chybovostí počítat. Proto se vývoj zaměřil na vývoj obranných mechanismů – jak ve formě technických prostředků, tak především provozních postupů –, které mají vznikající chyby zachytit včas, než se rozšíří a způsobí nehodu.

V obou případech se ale jedná jen o doplnění dalších faktorů do předchozího technického přístupu k řešení bezpečnosti, které se spíše evolucí tohoto přístupu, než zásadní revolucí snaží dosáhnout podchycení i problémů spojených s lidským činitelem (Woods, 2006, s. 2).

Pokud ale přijmeme zařazení letectví do skupiny komplexních systémů a budeme brát na zřetel vlastnosti komplexních systémů, zjistíme, že tento způsob doplňování technických prostředků nemůže plně fungovat. I přes doplnění repertoáru příčin o další faktory stále platí, že komplexní systém nelze zcela popsat a pracujeme tedy vždy jen s modelem, který je závislý na úhlu a hloubce pohledu (Cilliers, 2005). I když tedy dokážeme některé latentní podmínky pro vznik nehody pojmenovat, nemůžeme si být jisti, zda jsme zahrnuli všechny. Nemůžeme

také zcela jistě říci, které z nich skutečně hrály roli v událostech, které k nehodě vedly, a neumíme přesně popsat jejich vazby na vývoj situace během nehody. Nemůžeme na ně tedy ani přesně zacílit případné obrany.

Tím, že úroveň bezpečnosti je v současnosti velmi vysoká, neposkytují nám již dostatečné podklady pro její další vývoj jen vyšetřování nehod, jejichž výskyt je ojedinělý. Vývoj se tedy odklonil od reaktivního přístupu, kdy byly zkoumány minulé nehody a na základě analýzy jejich příčin byla navrhována nápravná opatření, která měla zabránit opakování stejných scénářů. Místo toho se používá proaktivní přístup, kdy je snahou zachytit hrozící rizika a trendy ještě před tím, než se realizují v podobě nehody (Mikan, 2011).

Zdrojem informací pro proaktivní opatření je pak převážně sledování incidentů, případně některých konkrétních provozních událostí, které mohou v důsledku za určité situace ohrozit bezpečnost. Zásadním problémem je ale sběr dat o takovýchto událostech. Často je k nim přistupováno jen jako k čárkám do statistiky, kdy se zaznamená pouze charakter události, ale už ne okolnosti, které měly, nebo mohly mít vliv na její vznik. Aby měla data o incidentech stejnou validitu pro přípravu preventivních opatření, jako data o nehodách pro přípravu těch nápravných, musela by se i stejná pozornost jako nehodám věnovat i těmto incidentům. To samozřejmě není z kapacitních důvodů možné.

I kdybychom toho byli schopni a postupně tímto způsobem eliminovali, nebo snižovali hrozící rizika od těch nejzávažnějších, či nejčastěji se vyskytujících, postupem času bychom se dostávali k preventivním opatřením zaměřeným na stále méně pravděpodobná rizika. Tím by docházelo k neustálému nárůstu počtu opatření, spočívajících zřejmě zejména v rozšíření výcviku a provozních postupů o další a další prvky, zaměřené na konkrétní, čím dál tím drobnější rizika.

Z výše uvedeného vyplývá, že další vývoj touto cestou by kladl čím dál tím vyšší nároky na kapacitu jak organizací provádějících vyšetřování, výzkum a vývoj provozních postupů a dalších bezpečnostních opatření, tak obsluhy pracující v každodenním provozu. V případě obsluhy by se tato náročnost projevila zejména narůstajícími požadavky na výcvik a zároveň rozrůstajícími se provozními postupy, které by musely pokrývat čím dál tím větší množství čím dál tím méně závažných nebo pravděpodobných scénářů. Tento jev je navíc podpořen tím, že i technika, se kterou obsluha musí pracovat, je díky vývoji sice čím dál tím přesnější a pohodlněji se používá, ale je zároveň složitější a komplexnější a tím pádem i potenciální závady a způsoby jejich řešení jsou náročnější.

Ani sebepodrobnější preventivní opatření vycházející z podrobné analýzy incidentů navíc nemohou zajistit, že v tak komplexním systému, jako je letectví, nenastanou okolnosti, které

doposud nenastaly ani v průběhu některého incidentu, ale které mohou i přes to nehodu způsobit při jejich prvním projevu.

Z výše uvedeného je vidět, že z pozice návrhu systému je nevyhnutelná určitá pokora vůči komplexnosti a nepředvídatelnosti reálného světa. Není možné slepě věřit tomu, že je v lidských silách popsat dokonale v provozních postupech a výcviku, jak probíhá reálný provoz a jaké všechny situace v něm mohou nastat a připravit pro ně konkrétní návody postupu pro obsluhu. Naopak právě lidská obsluha musí být připravena a vybavena, aby pomocí svého přirozeného logického uvažování dokázala aplikovat všeobecné rozhodovací postupy v momentě, kdy se provozní situace dostane mimo rámec říditelnosti pomocí předem připravených a nacvičených provozních postupů.

3.3. Viditelná bezpečnost

Společnosti, které provozují určitou činnost (např. obchodní leteckou dopravu), jsou zpravidla ke své činnosti motivovány ekonomicky. Proto i jakýkoli vývoj ze strany samotných provozovatelů je taktéž ekonomicky motivovaný. U investic do bezpečnosti není možné počítat s přímou návratností, tak jako např. u investice do rozšíření flotily a navýšení frekvence letů. Přesto je za udržení bezpečnosti v letectví – zejména v letecké dopravě – i tak ekonomický zájem. Vzhledem k psychologickému vnímání bezpečnosti letectví mezi širokou veřejností může být jediná nehoda znamenat výrazný odliv zákazníků od dané společnosti, nebo i od odvětví obchodní letecké dopravy jako celku.

Přesto by měl existovat určitý rozdíl v tom, jak k výzkumu v oblasti bezpečnosti přistupují sami provozovatelé a jak k výzkumu přistupují vědecké instituce. Vrcholový management letecké společnosti jen stěží uvolní prostředky pro vývoj v oblasti, jejíž důležitost nebo prospěšnost není dostatečně obhájena. Je tedy logické, že ze strany provozovatelů bude vývoj v oblasti bezpečnosti zaměřen především na jevy, jejichž statistická četnost získaná z reálných provozních dat je vysoká, nebo na nástroje, jejichž účinnost je prokázána.

Naopak vědecké instituce, jak např. vysoké školy, by měly být schopny udělat v tomto ohledu krok navíc a zaměřit svůj výzkum i směry, jejichž důležitost, nebo účinnost nejsou zatím ověřené a tedy bez záruky přímé prokazatelné efektivity využití investovaných finančních prostředků a času. Přesto Woods a Hollnagel (2006, s. 1–3) tvrdí, že tuto roli dosud věda nedokázala v oblasti bezpečnosti zcela plnit a tento jev nazývají krátkozrakostí. I vědecké zkoumání se totiž dosud zaměřovalo výlučně na již proběhlé události a jejich analýzu, na jejímž základě následně vytvářela nástroje pro zlepšení bezpečnosti do budoucna. Pohled na budoucnost byl tedy definován známou minulostí. Dalo by se tedy říci, že se věda

nezaměřovala přímo na vývoj nástrojů pro zvýšení bezpečnosti v budoucnu, ale tyto byly až druhotným produktem snahy o vysvětlení a pochopení v minulosti proběhlých událostí.

Jak je ale již popsáno výše v oddílu 3.2, tento pohled na budoucnost je omezený a nelze předpokládat, že vývoj používající pouze výstupy ze zkoumání již proběhlých událostí může systém plně připravit na všechny budoucí události.

3.4. Vysvětlení pojmu resilience

V pojmu resilience engineering představuje slovo resilience schopnost organizace se efektivně přizpůsobit škodlivým vlivům (nikoli vyhnout se, nebo jim klást odpor). Nebezpečný stav nastává, pokud přizpůsobení není dostatečné, nebo vhodné, nikoli když něco selže (Hollnagel, 2006). Komplexní systémy musí být dynamické, aby byly schopné se přizpůsobit vlivům okolního prostředí. Podobu tohoto přizpůsobení není možné do systému vložit předem při jeho návrhu, protože vlivy komplexního prostředí na komplexní systémy není možné předvídat do všech detailů všech situací, které v reálném provozu mohou nastat. Úkolem systémové bezpečnosti komplexních systémů tedy je udržet systém v jeho dynamice stabilní (Hollnagel, 2006, s. 16). Míra přizpůsobení se nesmí vymknout kontrole. Technicky lze tento požadavek označit za tlumení. Systém musí být schopen reagovat na vlivy okolního prostředí. Způsobené výchytky ale musí být schopen udržet v přiměřených mezích a v průběhu času efektivně tlumit vzniklé oscilace. V opačném případě se systém stává dynamicky nestabilním. Podle rychlosti změny mezi stabilním a nestabilním stavem hovoříme o vzniku nehody, nebo postupném narušování bezpečnostních tolerancí. Pojem resilience tedy lze definovat jako schopnost systému udržet, nebo znovu dosáhnout dynamicky stabilního stavu po vystavení negativnímu vlivu okolního prostředí (Hollnagel, 2006, s. 16).

Protože pro daný rušivý podnět je míra nutné reakce systému závislá na rychlosti reakce systému, může být do definice resilience zahrnuta i ta. V tomto případě hovoříme o schopnosti systému reagovat na a zotavit se z rušivého podnětu v raném stádiu vystavení s minimálním efektem na dynamickou stabilitu. Tato definice vede některé autory k chápání resilience engineering jako doplňku ke starším přístupům bezpečnosti, kde starší přístupy představují obrany proti rozvážení systému, zatímco resilience engineering představuje schopnost systému se z rozvážení rychle zotavit (Linh, 2011). Takové chápání resilience engineering je ale v rozporu s jinými. Dle Woodse a Hollnagela (2006, s. 2) jsou starší přístupy k bezpečnosti založeny na snaze vysvětlit známé události (nehody, incidenty, výsledky analýz). Přístupy k bezpečnosti se tedy vždy vyvíjejí krokově – vyzkoušené a zavedené nástroje se mění jen v případě, že selžou a to obvykle přidáním dalšího faktoru, nebo elementu k objasnění neočekávané variability. Jako příklady těchto nových elementů můžeme uvést

pojmy lidský faktor, organizační faktory, bezpečnostní kulturu apod. Naproti tomu resilience engineering představuje zcela nový způsob uvažování nad bezpečností. Resilience engineering chápe přizpůsobení teoretických postupů v reálném provozu systému jako nutnost k zajištění funkce systému. A právě způsob, jakým se pracovníci v provozu vypořádávají s komplexností, podrobuje zkoumání. "Zatímco zkoumání nehod se soustředilo na nehody, které se staly, a snažilo se vysvětlit proč, zkoumání bezpečnosti by se mělo soustředit na nehody, které se nestaly, a snažit vysvětlit proč." (Hollnagel, 2006, s. 9)

Samotné slovo resilience lze přeložit jako odolnost, houževnatost, nebo pevnost. Významově nejbližší je z těchto překladů pojem odolnost, nicméně dodnes nedošlo žádnou uznávanou autoritou k zavedení jednotného českého pojmu, který by byl ekvivalentem výrazu resilience ve spojení resilience engineering. Proto je v této práci upřednostňován nepřeložený pojem resilience engineering.

3.5. Chyby a selhání v resilience engineering

V tradičním pojetí jsou příčinami nehod chyby, nebo selhání některých komponent systému. Tak jako motor pracuje, nebo nepracuje, tak také obranná vrstva funguje, nebo nefunguje, člověk odvede svojí práci správně, nebo špatně. Tento pohled je ale velmi zjednodušený. Komplexní systém vystavený komplexnímu prostředí se musí neustále adaptovat na širokou škálu vstupů, které od prostředí dostává a které nejsou plně predikovatelné. Pokud tato adaptace není dostatečná, nebo není vhodně zvolená, nastává selhání. Úspěch a selhání ale nelze vnímat odděleně, svou podstatou se nijak neliší. Úspěch i selhání jsou výstupem stejné adaptace na nastalou situaci a lze je považovat za obrácenou stranu téže mince (Hollnagel, 2006, s. 14).

Při zkoumání úspěchů a chyb může být v tomto ohledu zavádějící, že zatímco úspěch je žádoucím výstupem, chyba je výstupem nežádoucím. Přirozenou tendencí při zkoumání chyb je tedy hledání nežádoucích, či neočekávaných událostí, které k oné chybě vedly, a na úspěch nahlížet naopak jednoduše jako na přirozený, očekávaný a normální výstup systému, při jehož dosažení byly všechny události správné, očekávané a řízené v souladu s návrhem systému. Faktem nicméně je, že ani činnost vedoucí k úspěchu nemusí vždy probíhat standardně. Události nemusí být nutně očekávané a plánované k tomu, aby ve výsledku nehoda nevznikla a nebyla ohrožena bezpečnost letu. Události vedoucí ke vzniku chyby, nebo úspěchu nemusí tedy být svou podstatou odlišné. Naopak je na ně potřeba v rozporu s dřívějšími pohledy nahlížet stejně.

3.6. Význam člověka v systému

V souladu s výše uvedenými skutečnostmi se také v rámci resilience engineering zcela mění pohled na člověka jako prvek systému. V dřívějším pojetí byl člověk nepříjemnou nutností designu systému. Byl to chybující prvek, jehož zvládnutí pomocí tvorby provozních postupů a výcviku bylo považováno za obtížné a zdlouhavé a řada funkcí a pravomocí tak byla v průběhu lidské obsluhy odebrána a zakomponována do automatických systémů. (Kromě bezpečnostních hledisek také z důvodu úspory nákladů)

Na základě zkoumání lidské výkonnosti bylo do návrhu systémů začleněno hledisko ergonomie rozhraní člověka a stroje, provozní postupy byly upravovány tak, aby lidské chyby byly buďto eliminovány, nebo alespoň pomocí postupů včas zachyceny. Přesto se ukázalo, že pouze těmito způsoby nelze lidským pochybením zabránit. Pohled se tedy upřel na další faktory ovlivňující lidské chování – zejména organizační faktory související s provozem a kulturou v dané společnosti. Vrcholem těchto snah je v současné době zavádění a udržování tzv. safety management systémů.

Tento pohled předpokládá správný a bezchybný návrh systému. Model, ve kterém jeho designér předvídal všechny možnosti vývoje situace a tím pádem jsou provozní postupy díky tomu kompletní a správné. K úspěchu pak vedou události, při nichž se lidé chovají tak, jak se při návrhu předpokládalo – tedy přesně tak, jak jim bylo řečeno při výcviku. Veškerá variabilita je návrhem systému potlačována a je považována za ohrožení bezpečnosti (Zimmermann, 2011, s. 258).

Tyto předpoklady ale z hlediska resilience engineering neplatí. Jak bylo řečeno výše, komplexní systém nelze zcela popsat a tudíž ani řídit. Nelze tedy navrhnout provozní postupy tak, aby postihly všechny možné varianty vývoje provozní situace, a samotným výcvikem provádění provozních postupů tedy nelze přímo docílit toho, aby člověk nastalou situaci zvládl. (Záměrně neužívám slovo „nechyboval“, protože tento výraz se v resilience engineering nepoužívá tak, jako ve starších přístupech – viz výše)

Z pohledu resilience engineering je člověk naopak přínosem a nutností k zajištění úspěšného fungování socio-technických systémů (Zimmermann, 2011, s. 258). Na rozdíl od technických zařízení a pasivně prováděných provozních postupů je lidská obsluha schopna samostatného přemýšlení v reálném čase během provozu. Dodává tedy systému tolik potřebnou schopnost adaptace na změny prostředí a odchylky od standardů – a to jak ty více či méně očekávané, tak i ty zcela mimo předpoklady designerů. Tuto schopnost nemá ani stroj a nelze ji dodat ani tvorbou striktních provozních postupů a výcvikem na ně zaměřeným. Jedině člověk dokáže

kriticky vyhodnocovat provozní situace a adaptovat předepsané postupy a zvyklosti tak, aby byl provoz úspěšně dokončen.

I tato adaptace může pochopitelně vyústit v nežádoucí výstupy, jako jsou incidenty, nebo nehody. Kromě toho, že na tuto nezvládnutou adaptaci nahlíží resilience engineering odlišně, než nahlížely tradiční přístupy k bezpečnosti na chyby, tak z toho ale především plyne odlišný pohled na lidskou obsluhu. Místo nutného zla produkujícího chyby, kterým je třeba předcházet a bránit jejich rozvinutí je člověk z pohledu resilience engineering zdrojem nezbytné schopnosti adaptace na variability v systému. Právě tyto schopnosti bychom měli podrobovat hlubšímu zkoumání, abychom dokázali poskytnout lidské obsluze předpoklady pro správné vyhodnocení situace a provedení adekvátní adaptace, která povede k bezpečnému provozu.

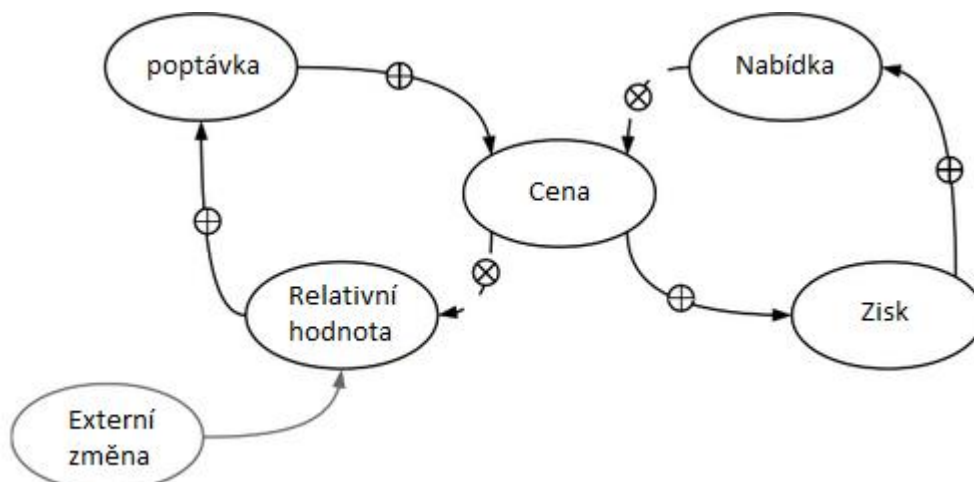
3.7. Lineární uvažování

Je přirozené vnímat události tak, že se vyvíjejí krok za krokem, kde jedna událost následuje druhou. Toto lineární uvažování nás vede k závěru, že je mezi následujícími událostmi také vztah příčina – důsledek. Je intuitivně logické, že jedna událost vede k druhé a toto vnímání je pro člověka základem schopnosti stavět stroje a navrhovat systémy. Víme, že pokud se stane A – otočení klíčem v zapalování, stane se i B – nastartuje motor. Stejný způsob uvažování pak aplikujeme i v opačném směru. Když se něco stalo (důsledek), předpokládáme, že něco jiného se muselo stát krátce před tím (příčina) (Hollnagel, 2012, s. 11–12).

Nedostatky jednoduchého lineárního uvažování byly přijaty koncem 70. let minulého století. Bylo zjištěno, že závažné události se mohou stát i v relativně dobře řízeném prostředí a že takové události zahrnují více sekvencí probíhajících v sériích nebo paralelně. Organizace, které se dokážou dobře vypořádat s jednotlivým jednoduchým selháním, jsou zranitelné při více současných selháních. Pochopení bezpečnosti už nemohlo záviset jen na jednoduchých sekvencích příčin a důsledků, ale vyžadovalo syntézu technických, psychologických a organizačních faktorů. To v důsledku vedlo k zavedení modelů sestávajících se z více sekvencí událostí a skrytých podmínek (Hollnagel, 2012, s. 13–14).

Obrázek 1 ukazuje příklad dvou navzájem propojených procesů s charakterem zpětné vazby. Symbolem + a plnou čarou jsou označeny lineární závislosti, zatímco symbolem X a přerušovanou čarou inverzní závislosti. Snaha o lineární popis těchto vztahů by pravděpodobně vypadala přibližně takto: „Pokud se zvýší z externích důvodů relativní hodnota určitého zboží, vzroste i poptávka po něm a tím i cena. Vyšší cena zároveň zvýší nabídku, která bude tlačit cenu dolů. Snížení ceny by ale vyvolalo další růst poptávky a opět navýšení

ceny.“ Je zcela zjevné, že jakoukoli formou lineárního modelu není možné tyto procesy dostatečně popsat.



Obrázek 1 – Příklad navzájem propojených procesů (Hollnagel, 2012, s. 17)

3.8. Functional Resonance Analysis Method

Metoda Functional Resonance Analysis Method (dříve Functional Resonance Analysis Model) je nástroj k modelování a vyhodnocování komplexních socio-technických systémů. K jejich popisu využívá funkční systematický model. Byla představena v roce 2004 (Hollnagel, 2015) a od té doby je průběžně vyvíjena. Je založena na čtyřech základních principech (Hollnagel, 2012).

1. Princip ekvivalence selhání a úspěchů

Výzkum bezpečnosti se v minulosti zaměřoval na zkoumání selhání. Je to logické, protože zatímco úspěch je plánovaný a obvyklý, selhání jsou neočekávaná a neznámá. Proto se snažíme porozumět neúspěchu, ale nezkoumáme úspěch. Díky tomu nevíme příliš mnoho o tom, jak probíhají věci úspěšně a jednoduše předpokládáme, že důvodem je správný návrh, testování a chování systému. Naše snahy se tedy v důsledku zaměřují na zdůvodnění, proč věci selhávají.

Když je nějaká činnost prováděna, je ale vždy cílem jí provést úspěšně – i když se někdo snaží udělat něco škodlivého, musí to udělat „správně“. Proto každá činnost je prováděna na základě situace, zkušeností, zvyků, požadavků, zdrojů a předpokladů s očekáváním úspěchu. Proto nelze říci, že by samotná činnost byla chybná, chybnou je činnost nebo očekávání relativně k situaci. Teprve výsledek činnosti tedy rozlišuje, zda je činnost označena za úspěšnou, nebo ne.

2. Princip přibližných přízpusobení

Lidská činnost je vždy variabilní z důvodu působení mnoha faktorů psychologických,

organizačních, sociálních a vlivem okolního prostředí. Zároveň podmínky, za kterých je činnost vykonávána, se nemusí zcela shodovat s předepsanými v provozních postupech z důvodů změn prostředí, zdrojů, požadavků, příležitostí a rozruchů. Proto musí jednotlivci, skupiny i celé organizace přizpůsobovat svojí činnost těmto podmínkám. Protože zdroje (čas, lidé, informace atd.) jsou omezené, tato přizpůsobení budou vždy přibližná, nepřesná. Výsledná variabilita výkonnosti je důvodem, proč mohou komplexní socio-technické systémy fungovat, ale také příčinou neúspěchů. Toto je zároveň dalším argumentem pro ekvivalenci úspěchů a selhání.

3. **Princip vzniku**

Variabilita normální výkonnosti je zřídka kdy tak velká, aby sama o sobě způsobila nehodu. Variabilita více funkcí najednou se ale může neočekávaně zkombinovat, což může vést k disproporčně velkým následkům a tedy mít nelineární efekt. Jak selhání, tak úspěchy jsou tedy fenomény vznikající, nikoli výsledné, protože je nelze přisoudit nebo vysvětlit funkcí, nebo selháním specifických komponentů nebo částí.

4. **Princip funkční rezonance**

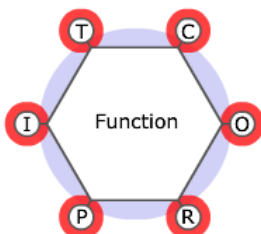
Výše popsaná variabilita funkcí může v určitých případech rezonovat. O rezonanci hovoříme, pokud se jednotlivé variability navzájem posilují a tím se variabilita dostává na nezvykle vysoké hodnoty. Důsledky se šíří skrze úzké funkční vazby spíše, než přes identifikovatelné a kvantifikovatelné posloupnosti příčin a následků. Funkční rezonance je zachytitelný signál, který vzniká z nechtěné interakce normálních variabilit mnoha signálů (Hollnagel, 2015).

4. Použití metody FRAM

K neočekávaným a tudíž potenciálně nežádoucím výstupům dochází, pokud systém nezvládá správně nebo dostatečně provést potřebnou adaptaci na provozní variabilitu. Z pohledu metody FRAM tento stav nastává, pokud dojde k tzv. rezonanci mezi jednotlivými funkcemi – tedy pokud dojde k výše popsanému vzájemnému násobení jednotlivých variabilit takovým způsobem, že systém není nadále schopen je tlumit, ale naopak se s přibývajícím časem dané parametry vzdalují normálním hodnotám a vymykají se řízení. Tím dochází k přechodu systému do stavu dynamické nestability. Metodu FRAM je možné využít pro proaktivní analýzu systémů při jejich návrhu i pro retrospektivní analýzu nehod.

4.1. FRAM model – funkce a jejich parametry

Model FRAM se skládá z funkcí, jejich parametrů a spojení mezi nimi. S ohledem na účel analýzy jsou vybrány funkce, které jsou nutné k úspěšnému každodennímu provozu, tj. ty funkce, bez kterých by systém nebyl schopen plnit svůj účel. Funkce se nemusí nutně krýt s jednotlivými pracovníky, či jinými elementy systému. Jeden prvek systému může plnit i několik funkcí a naopak skupina lidí, nebo technických prvků může plnit jednu funkci. Obrázek 2 ukazuje podobu grafické vizualizace funkce v modelu FRAM.



Obrázek 2 - Funkce modelu FRAM (HILL, 2014)

Každá funkce má několik parametrů rozdělených do následujících druhů (Hollnagel, 2012):

Output – výstup – Výsledek činnosti funkce

Input – vstup – Obecně jde o hmotu, energii, nebo informaci transformovanou funkcí na výstup. Vstup je spouštěcím parametrem funkce. Pokud je hmota, energie, či informace nutnou, avšak ne postačující, resp. spouštěcí podmínkou, jedná se o předpoklad, nebo zdroj.

Precondition – podmínka – stav systému, nebo podmínky okolního prostředí, které musí nastat, aby funkce mohla být provedena. Jejich splnění ale samo o sobě funkci nemůže spustit.

Resource – zdroj – hmota, energie, nebo informace spotřebovaná nebo použitá funkcí. Přítomnost zdroje v dostatečném množství samo o sobě funkci nespouští. Rozlišujeme pravé zdroje, které jsou spotřebovávány činností funkce a prováděcí podmínky (Execution Condition). Zdroje, kterých činností funkce neubývá, ale můžou odpovídat více parametru Precondition, případně Control.

Control – řízení, řídicí vstup – Řízení ovládá funkci tak, aby dosáhla požadovaného výstupu. Může mít podobu plánu, rozvrhu, postupu, instrukcí, programu (algoritmu) apod. Zvláštním druhem řízení je sociální řízení nebo sociální očekávání (social control, social expectations). To může být externí a interní. Za externí lze označit např. očekávání managementu firmy na úspěšnost/rychlost/kvalitu funkce, za interní pak seberegulaci ve smyslu plánování vlastní práce podle osobních požadavků (čas, kvalita, způsob provedení).

Time – čas – Čas sehrává roli ve většině činností. Protože jeho role ale může být značně různorodá a ve FRAM modelu by u různých funkcí mohl čas být zařazen do všech ostatních parametrů, je vyčleněn jako samostatný parametr.

4.2. Postup vytvoření modelu FRAM

Postup vytvoření modelu a analýzy je následující (Hollnagel, 2012):

1. Popis analyzované události – Zdrojem může být např. závěrečná zpráva z vyšetřování při retrospektivní analýze, nebo návrh změny systému pro proaktivní analýzu. Účelem je nyní pouze stanovení cílů a rozsahu analýzy.
2. Vytvoření FRAM modelu – Popis běžné činnosti systému – Popis činnosti, tak jak se skutečně děje, pokud systém pracuje správně. Měl by pokud možno vycházet z reálných dat, či zkušeností zainteresovaných osob. Méně vhodné jsou předpisy, či popisy postupů, protože popisují pouze teoretickou imaginární funkci systému a mohou opomíjet důležité souvislosti vyplývající z reálného prostředí. Nevhodné jsou pak zprávy z vyšetřování, které každodenní „správnou“ činnost jako takovou z principu nezkoumají.
3. Popis potenciální variability činností prováděných v každodenním provozu.
4. Použití konkrétních informací. Popis konkrétního stavu modelu, určení stavů jednotlivých funkcí. Při retrospektivní analýze je použita zpráva z vyšetřování.
5. Analýza stavu modelu za účelem pochopení příčiny nehody, nebo popsání potenciálních scénářů vzniku nehody.

V souladu s teorií resilience engineering je zásadním rozdílem FRAM od klasických způsobů analýzy nehod druhý bod – tedy popis standardní činnosti systému jako podklad k pochopení

příčin nehody. Na základě její znalosti se dále zkoumá schopnost systému tlumit provozní variability tak, aby nedošlo k rezonanci (tj. vzniku nehody / překročení mezních hodnot). Druhým důležitým rozdílem je nahrazení lineárního chronologického modelu vzniku nehody modelem systematickým. Okolnosti události nejsou zkoumány na časové ose, ale jsou zkoumány v kontextu systémových funkčních vazeb mezi jednotlivými funkčními elementy.

5. Případové studie

5.1. Tenerife 1977

FRAM metoda je nejsnáze aplikovatelná retrospektivně na nehodu, kde známe jak souvislosti mezi jednotlivými prvky v každodenním běžném provozu, tedy víme, jak měl provoz vypadat správně pro vytvoření modelu FRAM, a zároveň víme dostatečně podrobně, jaké okolnosti následně vedly ke vzniku konkrétní nehody. Pro demonstraci možností, které metoda FRAM přináší ve srovnání se staršími přístupy, jsem tedy zvolil nehodu dvou Boeingů 747 společností KLM a Pan Am na letišti Los Rodeos na Tenerife (dnes Tenerife Sever), která se odehrála 27. března 1977. Pro analýzu je použit postup popsany v 4.2.

5.1.1. Stručný popis události

Protože okolnosti této nehody jsou všeobecně známé, shrnu pouze základní informace, které jsou důležité pro další analýzu. Oba lety byly přesměrovány na Los Rodeos v důsledku výbuchu bomby na původním cílovém letišti Las Palmas na sousedním ostrově Gran Canaria. Po znovuotevření Las Palmas se obě letadla připravovala na přelet do této destinace. Vzhledem k přeplnění letiště Los Rodeos odkloněnými letadly musela být i hlavní pojízděcí dráha vedoucí paralelně s jedinou vzletovou a přistávací dráhou (dále jen RWY) použita k parkování letadel. K pojíždění tedy musela být použita přímo RWY. Vzhledem k poloze a typickému počasí je letiště náchylné na časté rapidní změny dohlednosti. Takovéto podmínky panovaly i v době nehody.

Oba letouny pojížděly za sebou po RWY na pozici pro odlet. Jako první pojíždějící Boeing KLM byl připraven k odletu v době, kdy letoun Pan Am stále pojížděl po RWY. Kapitán KLM, zřejmě pod tlakem omezení daného maximální délkou letové služby, zahájil vzlet v době, kdy kopilot teprve opakoval odletové povolení – tedy bez povolení ke vzletu. Posádka nebyla v danou chvíli schopna zareagovat tak, aby kapitánovu činnost zastavila. Kopilot pouze na konci opakování letového povolení použil větu „we are now at take-off“. Řídicí letového provozu tuto zprávu nepochopil a odpověděl „stand-by for take-off“. Jeho vysílání ale proběhlo současně s vysíláním letounu Pan Am, který pro jistotu upozorňoval na to, že je stále na RWY. Obě vysílání se překryla a byla tím pádem nečitelná. Boeing 747 KLM tedy pokračoval v akceleraci a krátce po dosažení rychlosti V1 se srazil s právě odbočujícím letounem Pan Am (Závěrečná zpráva z vyšetřování, 1978).

Komunikace bezprostředně předcházející a následující po zahájení vzletu byla naprosto klíčová pro vznik této nehody a její analýzu, proto zde uvádím její přepis. Protože jazyková

stránka vysílání hrála zásadní roli, uvádím přepis v anglickém jazyce tak, jak skutečně zazněl v radiokorespondenci, komentář a překlad nejdůležitějších částí je dále v textu:

17:05:44,6	KLM	The KLM ... four eight zero five is now ready for take-off ... uh and we're waiting for our ATC clearance.
17:05:53,41	Věž	KLM eight seven zero five you are cleared to the Papa Beacon climb to and maintain flight level nine zero right turn after take-off proceed with heading zero four zero until intercepting the three two five radial from Las Palmas VOR. (17:06:08:09)
17:06:09,61	KLM	Ah roger, sir, we're cleared to the Papa Beacon flight level nine zero right turn out zero four zero until intercepting the three two five and we're now at take-off. (17:06:17,9)
17:06:18,19	Věž	Stand by for take-off, I will call you.
17:06:19,39		Pískot (17:06:22,06)
17:06:21,92	Pan Am	Clipper one seven three six.
17:06:25,47	Věž	Ah Papa Alpha one seven three six report when runway clear (17:06:28,89)
17:06:29,59	Pan Am	OK, will report when we're clear. (17:06:30,69)
17:06:31,69	Věž	Thank you

Čísla v závorkách udávají konec vysílání. Kapitán zahájil vzlet uvolněním brzd v 17:06:11,08. (Závěrečná zpráva z vyšetřování, 1978)

5.1.1.1. Rozsah a účel analýzy

V souladu s teorií komplexních systému si nemůžeme dělat ambice popsat systém v celé jeho šíři, ale musíme vytvořit účelu odpovídající model. Pro účely této práce, kdy máme za cíl demonstrovat možnosti metody FRAM, je tedy zejména důležité udržet model přehledný, aby bylo možné metodu posuzovat. Analýza se tedy zaměří specificky na okolnosti bezprostředně související se zahájením vzletu bez povolení ke vzletu. Je samozřejmé, že tím nebudou popsány všechny faktory, které k této nehodě vedly. Naším cílem nicméně není nehodu znovu vyšetřit, ale posoudit, zda využitím metody FRAM můžeme dosáhnout nových úhlů pohledu na nehodu, které dřívějšími způsoby nebyly možné a zda mohou být tyto pohledy pro letectví přínosné.

5.1.2. Vytvoření modelu

Prvním krokem pro vytvoření modelu je soupis jednotlivých funkcí. Nedoporučuje se začínat rovnou s vizualizací modelu, ale nejprve je vhodné vytvořit seznam funkcí např. formou tabulky. Do tabulky nejprve pod sebe vyplníme jednotlivé funkce, které chceme do modelu zahrnout. Teprve poté začínáme doplňovat jednotlivé parametry funkcí – druhým krokem je tedy určení vstupů a výstupů jednotlivých funkcí. Teprve jako třetí krok následně doplníme i ostatní parametry (Hollnagel, 2015).

Důležité je držet se dvou základních principů. Zaprvé je třeba popisovat systém tak, jak skutečně funguje v každodenním provozu (tzv. „work-as-done“), nikoli tak, jak je teoreticky navrhnut dle příruček a postupů („work-as-imagined“). Kromě vlastní zkušenosti může být k tomuto využito např. i výpovědí provozních pracovníků apod. Omezeně by se naopak měly využívat psané materiály jako příručky apod. Jako pomůcka pro první náčrt modelu je možné popsat slovně na dva až tři odstavce průběh každodenního provozu a následně v něm zvýraznit slovesa a jejich seznam pak použít jako první náčrt funkcí pro model.

Zadruhé je třeba se držet principu „breadth-first“ – tedy nejprve popsat systém v celé jeho šíři a následně případně doplňovat podrobnosti. Řada funkcí systému je teoreticky rozložitelná do sady menších funkcí, díky čemuž můžeme pozorovat chování systému detailněji. V první fázi ale může takovýto přístup odvádět pozornost a je proto důležité nejprve popsat celý systém a vyhnout se situaci, kdy máme sice velice detailní model, ale nikoli kompletního systému. S mírou detailu lze v případě potřeby pracovat i v pozdějších fázích analýzy, proto není zpočátku potřeba se jí přehnaně zabývat. Pokud pracuje na analýze více lidí, doporučuje se zavést právo veta pro všechny členy týmu – tedy jakmile jeden ze členů týmu nesouhlasí se zařazením funkce do modelu, je v této fázi vyškrtuta.

Pro kontrolu, zda byla skutečně obsáhnuta potřebná šíře popisu systému, je možné následně porovnat mezi sebou jednotlivé parametry různých funkcí. Obecně platí, že by žádný parametr neměl zůstat „viset“ bez spojení na obou stranách. Tedy pokud má nějaká funkce definovaný výstup, potom by tento výstup měl také být použit jako vstup, nebo jiný parametr pro jinou funkci. Pokud má funkce definovaný jiný parametr, musí být zároveň výstupem jiné funkce. Všeobecně se doporučuje raději mít v modelu slepé funkce (funkce, které mají pouze vstup, či pouze výstup – „dummy functions“), než mít slepě končící parametry. Tyto slepé funkce se pak pro účel analýzy považují za rozhraní mezi modelem popisovaným systémem a okolním prostředím (Hollnagel, 2014).

V první fázi jsem pro určení funkcí vycházel ze soupisu aktérů nehody – tedy řídicího letového provozu a posádek obou letounů. Žádný technický prvek neplnil funkci, která by byla relevantní pro vznik nehody. První náčrt funkcí byl pro řídicího letového provozu – řízení pozemního provozu, vydávání letového povolení, vydávání povolení ke vzletu a původně jsem zvažoval také zařazení funkcí příjmu komunikace předávání instrukcí – především z důvodu souladu s rozpisem funkcí pilotů – viz dále. Kapitán KLM byl zároveň pilotem letícím, jako jeho funkce jsem určil rozhodování o činnosti letadla a řízení letadla. První důstojník byl pilotem neletícím a tudíž i komunikujícím, jeho funkce tedy byly příjem komunikace, předávání informací a požadavků řídicímu letového provozu a zároveň monitorování a kontrola kapitána. Tuto kontrolu kapitána prováděl i palubní inženýr. Posledními aktéry, byť z určitého pohledu ne zcela přímými, byli členové posádky letounu Pan Am. Vzhledem k tomu, že se tato práce zaměřuje specificky na okolnosti okolo rozhodnutí kapitána Boeingu společnosti KLM pro vzlet, byla jedinou funkcí posádky Pan Am, která byla pro danou situaci relevantní, monitorování probíhající radiokorespondence. Z této funkce vzešla zpětná vazba ve formě nevyžádaného ohlášení informace, že letoun Pan Am stále ještě pojíždí zpět po dráze. Toto vysílání ale, bohužel, přišlo v momentě, kdy souběžně řídicí letového provozu informoval posádku letounu KLM, že jejich povolení pro vzlet bude teprve uděleno. Časová souhra těchto hlášení pak vyústila v to, že se obě hlášení překrývala a tím pádem nebylo ani jedno hlášení čitelné.

Z výše uvedeného náčrtu byly nakonec vyřazeny funkce příjmu komunikace a vydávání instrukcí řídicího letového provozu. Jejich vyčlenění u pilotů je opodstatněné, protože rozhodování a samotné vysílání v letadle vzhledem k rozdělení úloh pilota letícího a neletícího nedělá jeden člověk. Naopak u řídicího letového provozu jsou jeho rozhodnutí komunikována přímo. Vkládání dalších funkcí pro vysílání a příjem komunikace by tedy jen zbytečně modelu zvyšovalo jeho složitost a zmenšovalo přehlednost. Dále byla pro přehlednost vypuštěna funkce kontroly kapitána palubním inženýrem. Jedná se o stejnou funkci jako u prvního důstojníka, jen provedenou jiným činitelem, proto bude jeho role zahrnuta právě do funkce kontroly prvním důstojníkem. Výsledný přehled funkcí se všemi finálně uvažovanými parametry je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1 – Funkce

Funkce	Vstup	Výstup	Podmínka	Zdroj	Řízení	Čas
ATC						
Řízení pozemního provozu	Žádost	Povolení k pojiždění		Vizuální sledování; informace o poloze a činnosti	Frazeologie, jazyk očekávání uživatelů, provozní podmínky	Dostupnost prostoru na frekvenci
Vydání povolení ke vzletu	„Připravení k odletu“	Povolení ke vzletu	Volnost RWY a prostoru odletu		Rozestupy, frazeologie, jazyk	Dostupnost prostoru na frekvenci
Vydání letového povolení	Žádost	Letové povolení			FPL, frazeologie, jazyk	Dostupnost prostoru na frekvenci
CAPT KLM						
Rozhodování o činnosti letadla	Instrukce a povolení od ATC	Rozhodnutí o činnosti letadla		Zpětná vazba od FO	FPL, SOP, spokojenost cestujících, zkušenosti, osobnost	Omezení doby služby
Řízení letadla	Rozhodnutí o činnosti letadla	Pohyb letadla				
FO KLM						
Příjem komunikace	Pokyny ATC, zpětná vazba ostatního provozu	Výklad povolení			Frazeologie, jazyk	Dostupnost prostoru na frekvenci
Předávání informací a požadavků ATC	Rozhodnutí o činnosti, pohyb letadla	Komunikace s ATC			Frazeologie, jazyk	Dostupnost prostoru na frekvenci
Kontrola CAPT	Rozhodnutí o činnosti, pohyb letadla	Zpětná vazba		Výklad povolení	MCC, osobní vztahy, SOP, zkušenosti	Pohyb letadla
PAN AM						
Sledování radiokorespondence	Veškerá radiokorespondence	Zpětná vazba			Frazeologie, jazyk	Dostupnost prostoru na frekvenci

Jak je vidět z tabulky, celá řada parametrů funkcí nemá protějšek u jiné funkce. Tyto slepé parametry by teoreticky měly být vždy přednostně doplněny o „loutkovou“ funkci, která je jejich zdrojem, nebo odstraněny. Typicky se jedná o parametry řízení a času – nejčastěji se opakuje řízení frazeologií a jazykovým vybavením a časový parametr vysílání – tedy dostupnost času na komunikační frekvenci.

V případě dostupnosti času na komunikaci by bylo možné doplnit model o funkci vysílání. Výstupy z funkcí, které mají momentálně podobu vysílání, tedy řízení pozemního provozu, vydávání letového povolení, vydávání povolení ke vzletu, předávání informací a požadavků ATC a sledování radiokorespondence, by mohli namísto přímého spojení s funkcemi, které konkrétní vysílání využívají jako vstup, nebo jiný parametr, být spojeny s vloženou funkcí přímo pojmenovanou vysílání. Teprve výstupy z této funkce by následně vedly ke vstupům ostatních funkcí. Tento model by pravděpodobně byl z pohledu vnějšího popisu provozu věrnější. Účelem metody FRAM je ale nikoli popsat děj, ale umožnit analýzu vzájemného působení jednotlivých funkcí a jejich variabilit s cílem identifikovat a popsat případně vzniklé rezonance. Z tohoto pohledu by tedy použití takovéto funkce vysílání bylo velkou přítěží, protože by centralizovala veškerou komunikaci do jedné funkce, což by zásadně uškodilo názornosti skutečných funkčních souvislostí, tj. nebylo by z modelu zřejmé, které vysílání je vstupem které funkce. Pro analýzu je ale mnohem zásadnější zachovat správná spojení mezi vstupy a výstupy ostatních funkcí, k nimž je již snadné si při pohledu na model domyslet při zhlédnutí parametru času, že vysílání nemohou probíhat současně, resp. že při současném vysílání nebudou vysílání čitelná. Naopak domýšlení toho, kterou cestou skrz centrální funkci vysílání komunikace skutečně probíhá, by bylo výrazně náročnější. Proto také byla tato funkce vyloučena. Alternativa samostatné „loutkové“ funkce, která by byla spojena pouze s parametry času ostatních funkcí svým výstupem byla zvažena také. Výstup takovéto funkce by tedy byl dostupný čas na frekvenci a jednalo by se tedy o jakousi funkci inverzní k funkci vysílání. Vzhledem k tomu, že ale žádný reálný činitel, u kterého by bylo možné říct, že výstupem jeho funkce je volný čas na frekvenci, ve skutečnosti neexistuje, byla i tato alternativa vyloučena.

V případě parametrů frazeologie a provozních postupů by bylo možné doplnit model o slepé funkce jejich tvorby. Tento postup by byl v širším pohledu na fungování systému letecké dopravy jistě naprosto logický. V tomto případě analýzy nehody ale takovéto funkce do modelu v žádném případě nepatří. Jednou ze základních zásad je, že model FRAM má být vytvořen na základě realistického popisu skutečného každodenního provozu. Zdrojem k vytvoření modelu tedy mají být pozorování, nebo např. rozhovory s pracovníky, nikoli samotné provozní postupy. Příprava provozních postupů ale rozhodně není součástí každodenního provozu a do tohoto konkrétního modelu tedy určitě nepatří. Takovouto funkci by bylo možné zařadit do

modelu, pokud bychom např. modelovali systém vyšetřování leteckých nehod a uplatňování z něho vzešlých nápravných opatření. V modelu samotného provozu není ale její použití vhodné.

Loutková funkce doplňující parametr jazykových schopností by byla ještě více abstraktní než obě výše zmíněné. Navíc by pravděpodobně musela být použita samostatná funkce pro každého pracovníka, jehož funkce se v modelu vyskytuje. Zatímco míra a obsah teoretické přípravy žáků aspirujících např. na povolání pilota je do značné míry daná předpisy a tedy byla by systematicky podchyitelná jako jediná funkce, výuka jazyka je dlouhodobý proces, který je ze všech oblastí vzdělávání pracovníků nejvíce individuální. Proto by pro dostatečné namodelování systému jazykové přípravy bylo třeba pro každého pracovníka mít samostatnou funkci, doplněnou dále o společnou funkci přezkoušení jazykových schopností. Tím bychom se ale dostali od popisu každodenního provozu ještě dále než loutkovou funkcí pro přípravu provozních postupů. Proto byla i tato funkce vyřazena.

U těchto parametrů tedy z výše uvedených důvodů s ohledem na účel a přehlednost modelu není vhodné použít loutkových funkcí pro doplnění vazeb mezi parametry. Zároveň je ale důležitost role těchto parametrů v modelu neoddiskutovatelná.

Charakteristika vysílání a dostupnosti času k vysílání na frekvenci hrála zásadní roli při komunikaci o vzletu Boeingu KLM a znemožnila účinnou zpětnou vazbu jak od řídicího letového provozu, tak od posádky letounu Pan Am. Právě jejich vysílání, která měla povahu zpětné vazby k informaci podané posádkou KLM, se časově překryla a tím pádem byla nečitelná a posádka KLM nemohla tedy tuto zpětnou vazbu použít pro přehodnocení svých rozhodnutí.

Kombinace jazykových schopností a frazeologie pak zapříčinila nepochopení některých vysílaných zpráv ze strany jednotlivých účastníků. Kdyby na jazykové schopnosti nebyl brán zřetel, těžko by bylo možné pochopit situaci, kdy kopilot KLM do vysílání sdělil informaci, že letadlo KLM vzlétá, přesto od žádného z ostatních účastníků, kteří si byli vědomi přítomnosti druhého letadla na vzletové a přistávací dráze, nepřišla situaci odpovídající reakce.

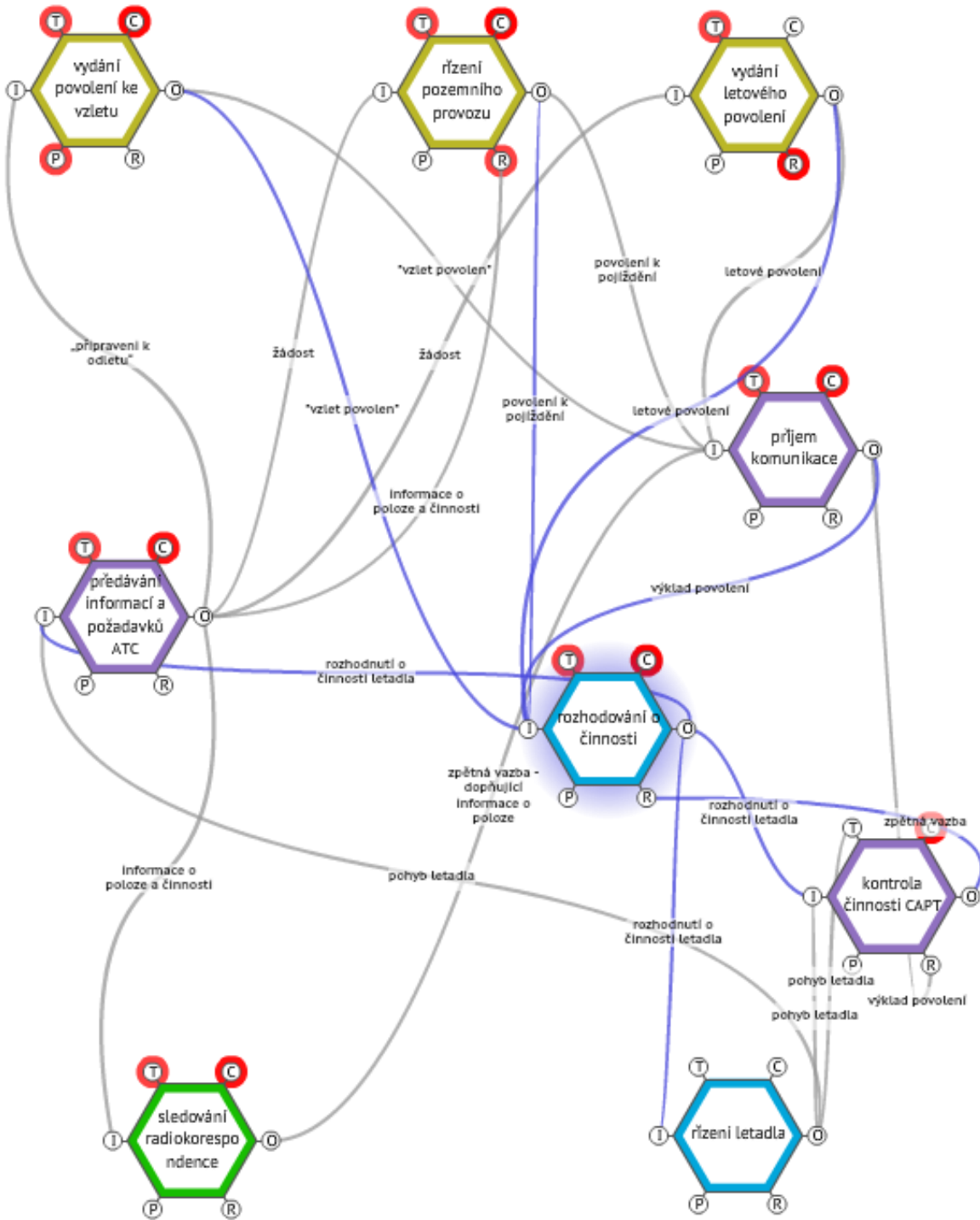
Opomenutí těchto funkcí, bez kterých by se v modelu nepromítly vlastnosti rádiového vysílání nebo komunikační schopnosti zúčastněných osob, by tedy znemožňovalo správně pochopit nastalou situaci. Proto tyto slepé parametry byly v modelu zachovány, i přestože jejich přítomnost není doporučena.

Na obrázku 3 je vyobrazena výsledná grafická podoba modelu FRAM pro analýzu této nehody. Funkce plněné řídicím letového provozu jsou označeny žlutou barvou, funkce plněné

kapitánem letounu společnosti KLM jsou označeny modrou barvou, funkce plněné kopilotem letounu společnosti KLM jsou označeny fialovou barvou a funkce plněná posádkou letounu společnosti Pan Am jsou označeny zelenou barvou.

Vazby mezi jednotlivými parametry funkcí jsou označeny popisky. Software pro tvorbu FRAM modelů bohužel neumožňuje měnit pozici popisků ani vedení propojovacích čar. Jediný způsob ovlivnění vedení těchto čar je změna umístění funkce jako takové – ze snahy o co největší přehlednost propojovacích čar tedy pramení nepravidelnost rozmístění funkcí. V případě že by i tak nebylo jasné, ke které propojovací čáře patří který popisek, je možné se orientovat podle umístění popisku na čáře – popisek je vyjma velmi ostře zahnutých čar umístěn zpravidla uprostřed jemu příslušné propojovací čáry. Pro větší přehlednost jsou modrou barvou zvýrazněny vazby parametrů funkce kapitána letounu KLM rozhodování o činnosti, protože právě tato funkce je hlavním předmětem analýzy.

Řada parametrů funkcí je zvýrazněna červeným okrajem. Toto zvýraznění značí, že daný parametr je sice vyplněný, ale nemá vazbu s výstupem žádné jiné funkce. Jak byly dané parametry vyplněny je možné zjistit v tabulce 1.



Obrázek 3 - model FRAM - Tenerife

5.1.3. Popis potenciální variability

Dalším krokem je popis potenciální variability parametrů. V případě retrospektivní analýzy může již v této fázi být doplněn i o popis stavu, nebo hodnoty parametru v konkrétní zkoumané situaci. Důležité je ale popsat maximálně veškerý možný rozsah variabilit, aby ve smyslu resilience engineering bylo možné navrhnout účinná opatření, která budou tlumit variabilitu a tím bránit vzniku rezonancí všeobecně, nejen v případě opakování přesně stejného scénáře (Hollnagel, 2014). Popis variabilit jednotlivých funkcí je uveden v tabulce.

5.1.4. Popis stavu modelu

Podle zprávy z vyšetřování je následně popsán aktuální stav modelu v době nehody neboli aktuální realizace variability. Stav modelu je taktéž popsán v tabulce 2, od popisu potenciální variability je odlišen *kurzívou*.

Tabulka 2 – popis variability a stavu modelu

ATC – řízení pozemního provozu

Vstup	Žádost o povolení	Viz FO KLM – předávání informací a požadavků ATC
Zdroj	Vizuální sledování	meteorologické jevy ovlivňující dohlednost, denní doba (množství světla, poloha slunce), rozmístění, kvalita a funkčnost osvětlení na letišti i letadlech a pohyblivých prostředcích; <i>silně proměnlivá dohlednost, v době nehody velmi nízká</i>
	Informace o poloze	Viz FO KLM – předávání informací a požadavků ATC
Řízení	Frazeologie	Výklad standardních frází, znalost a správnost použití frazeologie; <i>nepřesnost výkladu pojmů, nepřesné využívání volacích znaků – řídicí letového provozu oslovil posádku Pan Am při žádosti o ohlášení vyklizení dráhy namísto správného volacího znaku „Clipper“ hláskovanou zkratkou označení letu „papa alpha“</i>
	Jazyk	Přízvuk, nářečí, mateřský jazyk – překlad závislý na stavbě mateřského jazyka, úroveň znalosti; nepřilíš vysoká jazyková úroveň, různé základy z mateřského jazyka – jiný výklad fráze „we are now at take-off“
	Provozní podmínky	Provoz – množství a typ, meteorologické podmínky, stav provozních ploch (např. uzavření pojízděcích drah);

		<i>vysoký počet letounů na pohybové ploše – zaparkované nejen na k tomu určených stáních, ale i na pojezděcích drahách, kde blokovaly průjezd</i>
	Očekávání uživatelů	<i>Plynulost provozu – zpoždění; neplánovaný a nezvykle vysoký počet letadel – většina z nich kvůli teroristickému útoku na destinaci – po znovuotevření potřeba urychleně vypravit</i>
Čas	Vysílání	Dostupnost prostoru na frekvenci
Výstup	Povolení k pojezdění	

Řízení pozemního provozu vychází ze získaného povědomí o aktuální situaci na provozních plochách (tzv. situational awareness). Vzhledem k tomu, že na letišti Los Rodeos nebyl instalován pozemní radar, povědomí o situaci bylo tvořeno za pomoci vizuálního sledování a informací o poloze předávaných rádiem posádkami. *Vizuální sledování nebylo možné z důvodu nízké meteorologické dohlednosti – tento parametr tedy dosáhnul sice extrémní hodnoty, na druhou stranu se jedná o hodnotu, která nemůže být označena za neobvyklou.* Interpretace rádiem předávaných informací závisí jak na jazykových schopnostech a znalostech informace přijímající osoby, tak na kvalitě jazykového zpracování informace osobou vysílající a jednoznačnosti použité frazeologie. *V tomto konkrétním případě došlo ke kombinaci jazykově špatně zvolené formulace „we are now at take-off“ ze strany FO letounu KLM s nepřilíš jazykově vybaveným řídicím letového provozu, který s ohledem na své zkušenosti a svůj jazykový základ pochopil význam fráze jinak, než byl zamýšlen pilotem. Z uvedených důvodů nemohl řídicí letového provozu zareagovat na započatý vzlet letounu KLM.* To, jakým způsobem řídicí řídí pozemní provoz – tedy jakou trasu volí, ale i kolik má kapacity a času na jednotlivá rozhodnutí, závisí na provozních podmínkách, které byly v den nehody z hlediska počtu přítomných letadel mimo běžné hodnoty. *To znamenalo nejen zablokování pojezděcích drah parkujícími letadly, ale také vyšší pracovní zátěž na řídicího letové provozu. Ten byl navíc pod tlakem způsobeným sociálním řízením v podobě snahy naplnění očekávání plynulosti provozu ze strany posádek a cestujících. V tomto případě byl tento parametr opět mimo běžný rámec kvůli přítomnosti velkého množství zpožděných letadel, které byly přítomny na letišti Los Rodeos z důvodu diverze z jiného letiště, které bylo předmětem teroristického útoku.*

ATC – vydání povolení ke vzletu

Vstup	Komunikace pilotů	Viz FO KLM
--------------	-------------------	------------

Podmínka	Volnost RWY a prostoru po vzletu	Přítomnost letounů nebo vozidel na dráze; <i>Použití RWY k pojíždění</i>
Řízení	Rozestupy	
	Frazeologie	Výklad standardních frází, znalost a správnost použití frazeologie
	Jazyk	Přízvuk, nářečí, mateřský jazyk – překlad závislý na stavbě mateřského jazyka, úroveň znalosti
Čas	Vysílání	Dostupnost prostoru na frekvenci
Výstup	Povolení ke vzletu	

Tato funkce nebyla během nehody realizována. Použití dráhy k pojíždění bylo neobvyklou odchylkou od běžné praxe, přizpůsobení ze strany řídicího ale bylo dostatečné. I když tento závěr přímo nevyplývá z modelu FRAM, ostatní účastníci provozu znají fungování celého systému, kapitán letounu KLM tedy zřejmě předpokládal provedení této funkce ve standardní okamžik a sám nedokázal ve své představě o vývoji situace provést dostatečné přizpůsobení, aby vzal v potaz přítomnost letadla na RWY.

ATC – vydání letového povolení

Vstup	Žádost o povolení	Viz FO KLM
Řízení	Letový plán a postupy letiště	V rámci jednoho letiště existuje daný počet standardních postupů odletů, ve kterých příliš velká variabilita není možná. Tyto postupy jsou ale velmi rozličné napříč letišti. Určitá variabilita je přípustná u nestandardních odletů s použitím radarového vektorování.
	Frazeologie	Výklad standardních frází, znalost a správnost použití frazeologie
	Jazyk	Přízvuk, nářečí, mateřský jazyk – překlad závislý na stavbě mateřského jazyka, úroveň znalosti
Čas	Vysílání	Dostupnost prostoru na frekvenci, kvalita přenosu
Výstup	Letové povolení	

Tato funkce proběhla bez významných odchylek od běžné činnosti. Přesto je třeba poukázat na fakt, že slovní vyjádření letového povolení nemá zcela přesně danou podobu. To ani není úplně možné, protože existuje celá řada možností, které může řídicí letového provozu využít pro odlet letadla v závislosti na dráhovém systému, okolí letiště a z nich plynoucích

standardních postupech odletů. Tudíž je letové povolení zpravidla vyjádřeno ve formě prostého jazyka se všemi možnými variabilitami s tím spojenými. Na první pohled není záměna se vzletovým povolením možná, protože to má jasně danou podobu. Pilot, který ale dříve musel vzhledem k jazykovým schopnostem svým i řídicího letového provozu aplikovat určitou míru adaptace, aby z přijatých vysílání získal potřebné informace, může tuto adaptaci následně aplikovat i na vydané letové povolení a dospět k závěru, že se jedná o povolení ke vzletu, které vzhledem ke schopnostem řídicího nemá správnou podobu. Absence jednoznačných identifikačních znaků letového povolení a forma volné řeči místo daného formátu tedy nezabraňuje záměně za jiné vysílání s absencí správného formátu – *v tomto případě povolení ke vzletu.*

CAPT KLM – rozhodování o činnosti letadla

Vstup	Instrukce a povolení od ATC	Viz ATC
	Výklad povolení	Viz FO KLM – příjem komunikace
Zdroj	Zpětná vazba od FO	Viz FO KLM – kontrola CAPT
Řízení	Letový plán	Změny kvůli počasí, technické závadě, nebo provozní situaci na letišti; <i>diverze na Los Rodeos kvůli teroristickému útoku na letišti Las Palmas</i>
	Provozní postupy	Podle provozní situace různé pořadí a prioritá úkonů, různá doba dostupná k jejich provedení; <i>odletové povolení vydané až na dráze v momentě, kdy bylo letadlo připraveno pro vzlet.</i>
	Sociální řízení – spokojenost cestujících	Závislost na ostatních provozních faktorech – snaha o zajištění pohodlí a dochvilnosti letů; <i>snaha co nejdříve dokončit let do destinace</i>
	Zkušenosti	Množství zkušeností – sebedůvěra, charakter zkušeností – typ provozu; <i>velmi zkušený pilot a instruktor, často v roli instruktora na simulátoru, kde celý děj letu řídí instruktor</i>
	Osobnost	Charakterové vlastnosti, věk, sebevědomí; <i>velmi zkušený, sebevědomý instruktor</i>
Čas	Omezení doby služby	Odchyly od plánu; <i>změnou plánu způsobenou teroristickým útokem na letišti Las Palmas se posádka dostala na hranu omezení pro dobu letové služby</i>

Výstup	Rozhodnutí o činnosti letadla
---------------	-------------------------------

Vstupy, které spouští funkci rozhodování o činnosti letadla jsou všeobecně povolení řídicího letového provozu. Už jejich samotná potenciální variabilita je značná, jak bylo popsáno výše. Rozhodnutí jsou řízena letovým plánem a provozními postupy, je ale přizpůsobována podle aktuálních potřeb daných provozní situací. *Kapitán musel své rozhodnutí přizpůsobit pod tlakem sociálního řízení spokojeností cestujících, kteří se nedostali v původně plánovaný čas do destinace a museli strávit několik hodin na letišti na Tenerife. Tento tlak byl ještě zvýšen díky omezení doby letové služby, které hrozilo situací, že posádka již nebude moct v letu pokračovat a bude muset dorazit náhradní posádka z Nizozemska.* Je potřeba poznamenat, že fakt, že kapitán přizpůsoboval svá rozhodnutí časové tísní, je sám o sobě znakem odolnosti. Problematická je až míra, při které překročí hranici, kdy se vymkne kontrole, za kterou způsobuje nadměrné výchylky ostatních parametrů. Variabilita daná na vstupu použitou frazeologií a jazykem, navíc ovlivněná celou řadou dalších faktorů, se tedy při vydávání povolení může šířit i do rozhodnutí kapitána o další činnosti letadla. *V tomto případě tedy hrála roli kombinace potřeby vykládat ne stoprocentně jazykově podanou komunikaci řídicího v kombinaci s nedokonalým přehledem o pohybu ostatních letadel – opět souvisejícím s variabilitou na vstupu, kdy řídicí používal pro letoun Pan Am jiný volací znak – a očekávání vzletového povolení v momentě dojezdu na konec dráhy. To vedlo vzhledem k výše popsaným variabilitám v řízení buďto k mylné adaptaci na jazykové schopnosti řídicího – tedy kapitán se vzhledem k předchozí jazykové nejistotě mohl domnívat, že řídicí skutečně vzlet – i když ne standardně – povolil, nebo k rozhodnutí zahájit vzlet než z kapitánova pohledu zahlcený a nevykonný řídicí formálně vydá povolení, které vzhledem k (pro kapitána KLM) jasné situaci muselo i tak nevyhnutelně každou chvíli přijít.*

CAPT – řízení letadla

Vstup	Rozhodnutí o činnosti	Viz CAPT KLM – rozhodnutí o činnosti
Výstup	Pohyb letadla	

Pohyb letadla je přímým výstupem ovlivněným čistě rozhodnutími kapitána. Jeho variabilita je tedy přímo úměrná variabilitě jeho rozhodnutí.

FO KLM – příjem komunikace

Vstup	Pokyny a povolení od ATC	Viz ATC
--------------	--------------------------	---------

	Zpětná vazba	Viz Pan Am
Řízení	Frazeologie	Výklad standardních frází, znalost a správnost použití frazeologie
	Jazyk	Přízvuk, nářečí, mateřský jazyk – překlad závislý na stavbě mateřského jazyka, úroveň znalosti
Čas	Vysílání	Dostupnost prostoru na frekvenci, <i>vysílání řídicího letového provozu „stand by for take-off“ a informace posádky Pan Am o přítomnosti na dráze se překryly</i>
Výstup	Výklad povolení a informací	

Obdobně jako u kapitána je tato funkce ovlivněna variabilitou na vstupu od řídicího letového provozu. Interpretace jeho vysílání je řízena frazeologií a jazykovými schopnostmi FO, kdy rozdíly mezi jazykovými schopnostmi a nejednoznačnost frazeologie mohou působit další šíření variability za výstup.

FO KLM – předávání informací a požadavků ATC

Vstup	Rozhodnutí o činnosti	Viz CAPT KLM – rozhodování o činnosti
	Pohyb letadla	Viz CAPT KLM – řízení letadla
Řízení	Frazeologie	Výklad standardních frází, znalost a správnost použití frazeologie; <i>nejednoznačné vyjádření „we are now at take-off“ ve významu „právě provádíme vzlet“</i>
	Jazyk	Přízvuk, nářečí, mateřský jazyk – překlad závislý na stavbě mateřského jazyka, úroveň znalosti; <i>„we are now at take-off“ – spojení předložky s infinitivem má v holandštině význam provádění dané činnosti</i>
Čas	Vysílání	Dostupnost prostoru na frekvenci
Výstup	Komunikace s ATC – žádosti o povolení, informace	

Výsledná potenciální variabilita výstupu komunikace FO je závislá na variabilitě vstupu v podobě rozhodnutí o činnosti letadla a z něho plynoucího pohybu letadla. Čím vyšší je navíc míra variability vstupu, tím více se projeví variabilita řízení, jinak řečeno standardní fráze používané ve frazeologii jsou připravené na standardní scénáře. S narůstající odchylkou od standardu tedy vzrůstá potřeba improvizovat, aplikovat nestandardní fráze, nebo prostý jazyk, ve kterém se více než v běžné komunikaci projeví jazykové rozdíly aktérů.

V případě zkoumaného rozhodnutí kapitána provést vzlet bez uděleného povolení – tedy extrémní a naprosto neobvyklé míry variability – byl kopilot postaven před úkol takto nestandardní informaci předat dále. Byl tedy nucen adaptovat se na vzniklou situaci použitím volné řeči – ta byla ovšem řízena jeho jazykovými schopnostmi, kdy použil gramatickou strukturu mateřského jazyka pro zprávu v angličtině. Proto byla variabilita výstupu mimo běžné meze jak obsahově, tak jazykově.

FO KLM – kontrola CAPT

Vstup	Rozhodnutí o činnosti	Viz CAPT KLM – rozhodování o činnosti
	Pohyb letadla	Viz CAPT KLM – řízení letadla
Zdroj	Výklad povolení (příjem komunikace)	Viz FO KLM – příjem komunikace
Řízení	MCC	
	Provozní postupy	
	Osobní vztahy	<i>Míra známosti, vzájemné postavení ve vztahu; FO znal kapitána z výcviku – kapitán byl examinátorem, který přezkušoval FO po dokončení výcviku na Boeing 747. CAPT vedoucím instruktorem KLM s velkou prestiží ve společnosti.</i>
	Osobnost a zkušenosti	<i>Míra asertivity; nízká asertivita kvůli osobnímu vztahu k CAPT a nízkým zkušenostem na typu</i>
Čas	Pohyb letadla	<i>Dle situace a potřeby vykonávání ostatních funkcí FO různé množství času a kapacity dostupné pro poskytnutí zpětné vazby; FO v době zahájení vzletu bez povolení opakoval odletové povolení</i>
Výstup	Zpětná vazba	

Tato funkce by v principu měla do systému zavádět tlumení variabilit, její úlohou je vyhodnocovat rozhodnutí a činnost kapitána a korigovat je tak, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti. Vstupem jsou tedy tlumené funkce a zdrojem k provedení tlumení pak výklady povolení, resp. vlastní povědomí o provozní situaci kopilota. Zdrojem je v tomto případě příjem komunikace, který je ale sám o sobě vystaven stejným variabilitám jako kapitánovo rozhodování. Kromě provozních postupů, které určují určité standardní řetězce chování podporující vznik zpětné vazby, je míra zpětné vazby daná osobností kopilota a osobními

vztahy mezi ním a kapitánem. V tomto případě vedla k značnému utlumení této funkce nízká asertivita kopilota vycházející z jeho podřízeného postavení vůči svému instruktorovi a examinátorovi a velice zkušenému a populárnímu pilotovi. Navíc byl s ohledem na rychlý sled událostí a tlak na co nejrychlejší odlet i kopilot v časové tísní a v kritický moment kapitánova rozhodnutí vzletět nedokázal zasáhnout, protože momentálně opakoval odletové povolení řídicímu letového provozu.

Pan Am – zpětná vazba

Vstup	Veškerá radiokorespondence	Viz ATC Viz FO KLM – předávání informací a požadavků ATC
Řízení	Frazeologie	Výklad standardních frází, znalost a správnost použití frazeologie
	Jazyk	Přízvuk, nářečí, mateřský jazyk – překlad závislý na stavbě mateřského jazyka, úroveň znalosti
Čas	Vysílání	Dostupnost prostoru na frekvenci, vysílání s doplňující informací o neustálé přítomnosti na dráze současně s vysíláním řídicího letového provozu
Výstup	Doplňující informace	

Podobně jako všechny ostatní funkce se vstupem radiokorespondence ostatních účastníků je i zde vstup velmi variabilní vzhledem k variabilitě informací, které se rádiem předávají, i formulací, jakými jsou vzhledem k jazykové vybavenosti vysílajících informace předávány. V tomto případě tedy obdobně jako u řídicího letového provozu piloti nepochopili, že význam věty „we are now at take-off“ je ve skutečnosti ten, že Boeing KLM už zahájil vzlet a pohybuje se po dráze proti letounu Pan Amu. Vzhledem k této variabilitě na vstupu v kombinaci s řízením vlastními jazykovými předpoklady tedy nedošlo k správnému spuštění této funkce a výstup tedy nebyl adekvátní situaci, kdy se proti po dráze stále ještě jedoucímu letadlu rozjelo na vzletový výkon jiné. Přesto se piloti rozhodli, shodně s řídicím, pro doplnění, resp. zopakování informace o své poloze, i když to nebylo v danou chvíli povinné. Samo rozhodnutí tuto nevyžádanou zpětnou vazbu podat by se dalo označit za pozitivní projev odolnosti. Zaprvé se tím piloti chtěli připomenout, aby nedošlo k opomenutí jejich přítomnosti na dráze řídicím a předčasnému udělení povolení ke vzletu. Zadruhé, i kdybychom nepředpokládali možnost, že by řídicí bez informace o vyklizení vzletové a přistávací dráhy vlet letounu KLM povolili, velice pravděpodobně by v návaznosti na oznámení letounu KLM o připravenosti ke vzletu reagovali v blízké době dotazem směrem k letounu Pan Amu, zda ještě po dráze pojíždí. (O šest sekund později skutečně řídicí letového provozu dal pokyn

pilotům, aby oznámili, až vyklidí dráhu.) Jednalo se tedy minimálně o kolegiální ušetření času na frekvenci. Všechna vysílání ale probíhají přes jeden komunikační kanál – krátkovlnné rádio, které není schopné přenést srozumitelně více vysílání najednou. Zde si ale o jeden časový zdroj řekli dvě funkce a tím došlo k překrytí obou vysílání a vzniku nesrozumitelného šumu. Proto výstup této funkce nikdy nedorazil do pilotní kabiny letounu KLM, aby mohl účinně tlumit tam nastalou variabilitu.

5.1.5. Analýza stavu modelu v době nehody

Analýzou modelu a výše popsaných variabilit dojdeme k závěru, že došlo k rezonancím jednotlivých variabilit hned na několika místech. Konkrétně byly identifikovány čtyři fáze šíření rezonance systémem.

1. Ve funkci rozhodování o činnosti kapitánem letounu KLM, kde kapitán musel v předchozí komunikaci řídicího letového provozu aplikovat určitou míru adaptace kvůli ne zcela standardnímu a sebejistému vyjadřování řídicího. Tato variabilita se dále setkala s neobvyklou variabilitou v parametrech řízení, kdy došlo ke změně plánu z důvodu výbuchu bomby v destinaci a následné diverzi na letiště Los Rodeos a z toho plynoucího sociálního řízení snahou o dosažení spokojenosti cestujících, za kterou je kapitán také v rámci společnosti odpovědný, tedy o co nejdřívejší odlet na původní destinaci a s variabilitou v parametru času – v podobě hrozícího překročení norem. V této nestandardní situaci kapitán pod vlivem zaprvé zvyku, že při výcviku na simulátoru řídí celou provozní situaci, tedy i rozhoduje sám o provedení vzletu a zadruhé aktuální zkušenosti, že řídicí letového provozu se nevyjadřuje zcela sebejistě a přesně a je tedy třeba pro interpretaci jeho vyjádření použít jistou míru adaptace, použil tutéž adaptaci i na vysílání letového povolení. Princip rezonance tedy byl naplněn – efekt jedné variability – zvyku vlastního řízení situace – byl znásoben variabilitou v podobě časové tísně a komunikační nejednoznačnosti. Výsledkem bylo rozhodnutí provést vzlet za situace, kdy ale ve skutečnosti nebylo řídicím vydáno povolení pro vzlet.
2. Toto rozhodnutí se následně jako variabilita šířilo systémem. V něm je zabudována zpětná vazba v podobě kopilota, který by měl provádět kontrolu a vyhodnocení kapitánových rozhodnutí a poskytovat mu zpětnou vazbu. Tato funkce se ale ve své podstatě vůbec neprovedla, i přestože dorazil vstup, díky kterému měla být spuštěna. Roli hrály osobní vztahy mezi kapitánem a prvním důstojníkem, kdy kapitán byl zároveň respektovaný instruktor KLM a sám byl přezkušujícím examínátorem, který prvnímu důstojníkovi umožnil na typu Boeing 747 létat. První důstojník tak mohl nabýt dojmu, že kapitán bude mít za všech okolností pravdu – navíc v natolik závažném rozhodnutí,

jako rozhodnutí pro vzlet. Druhým parametrem, který vykazuje pro poskytnutí zpětné vazby variabilitu je čas. Ten je daný aktuální provozní situací. Kapitán okamžitě po rozhodnutí vzletět nastavil vzletový výkon motoru a letadlo se začalo pohybovat, na zpětnou vazbu tedy nebyl téměř žádný čas. První důstojník navíc v tu chvíli ještě opakoval letové povolení, takže by býval mohl zasáhnout až s odstupem po samotném rozhodnutí.

3. Nestandardní výstup kapitánovy funkce rozhodování o činnosti letadla v podobě rozhodnutí provést vzlet bez povolení, jehož odchylka od běžných rozhodnutí byla způsobena rezonancí mezi parametry rozhodovací funkce, se nicméně následně stala vstupem jiné funkce prvního důstojníka a to funkce předávání požadavků a informací řídicímu letového provozu. Zde došlo ke spojení této variability na vstupu s variabilitou v řízení frazeologií a jazykovými schopnostmi. Tento moment lze považovat za moment nejjednoznačnější rezonance. Pilotovy jazykové schopnosti a znalosti frazeologie soudě dle ostatních hlášení nebyly na vyloženě nízké úrovni, pokud by tedy let probíhal standardně, jistě by odchylky od frazeologie nebo jazykové chyby a nejasnosti nenabývaly takových rozměrů, aby mohly způsobit tak zásadní nedorozumění. Zároveň kdyby jazykové schopnosti pilota byly vyšší nebo kdyby frazeologie umožňovala přesnější popis situací, bylo by možné situaci popsat přesněji a srozumitelněji. V tomto případě se ale setkal velmi variabilní vstup s nepřesným řízením, došlo k rezonanci a funkce tedy na jejím výstupu se opět objevila nestandardní hodnota. Právě tato rezonance je zároveň nejzásadnějším a nejčitelnějším selháním návrhu systému z pohledu resilience engineering. Při návrhu systému se vycházelo z předpokladu, že veškerá jeho činnost bude vždy probíhat plánovaně a tomu byla přizpůsobena i frazeologie. První důstojník se ale octnul v situaci, kdy musel předat informaci, že letadlo provádí vzlet a to mimo standardní komunikační vzorec, tedy nikoli v rámci potvrzení povolení ke vzletu. Frazeologie postavená na standardním předpisovém průběhu letu mu k tomu ale nedodala dostatečný nástroj. Proto byl donucen improvizovat. Ani k tomu ale nebyl jazykově dostatečně vybaven – minimálně pro takto vypjatou situaci v této rychlosti. Nebyl tedy schopen předat informaci jazykově správně, ale použil větnou konstrukci z mateřského jazyka – holandštiny, do které pouze použil anglická slova. Holandská věta by zněla „wij zijn aan het opstijgen“. Aan je předložka a opstijgen sloveso vzletět v infinitivním tvaru. Stejná konstrukce tedy pilot použil v anglické větě – po vložení anglických slov do této holandské věty tedy vznikla závěrečná věta finálního vysílání: „we are now at take-off“, která ale v anglickém jazyce nemá žádný vlastní význam. Vzhledem k tomu, že ale obsahuje infinitivní tvar místo gerundia, není vyložitelná ve smyslu provádění dané činnosti. Ani předložka „at“ nenapovídá tomu, že by význam měl být probíhající aktivita.

4. Finální realizací této rezonance potom byla zpětná vazba jak od řídicího letového provozu, tak od posádky letounu Pan Amu. Pokud se na tyto dvě funkce budeme koukat čistě z pohledu jejich reakce na informaci o vzletávajícím Boeingu na dráze, nelze zde již hovořit o vlastní rezonanci uvnitř těchto funkcí, ale o principiálním prodloužení rezonance ve funkci komunikace kopilota letounu KLM. Rezonanci zde objevíme, pouze pokud uvážíme i to, jakým způsobem vznikl vstup pro tuto funkci, tedy vysílání informace o činnosti letadla. Tato rezonance je mezi parametry řízení jazykovými schopnostmi a frazeologií obou těchto párů funkcí. Jak bylo řečeno výše, první důstojník použil holandské gramatické stavby pro vytvoření anglické věty „we are now at take-off“ k vyjádření informace, že letoun KLM nyní vzletá. V rozporu s tímto významem je ale použití zaprvé předložky „at“ a infinitivního tvaru, které ani jeden v angličtině probíhající aktivitu neoznačují. Oba tvary naopak naznačují, že se jedná o určení pozice, pouze s jejím nedokonalým určením: „we are now at take-off (position)“. Tento tvar je z hlediska anglické gramatiky vyřčené větě mnohem blíže a dle reakcí jak řídicího letového provozu, tak posádky letounu Pan Amu, lze vyvodit, že i oni tuto větu takto pochopili. Následkem toho se de facto ani jedna z těchto funkcí vůbec neprovedla v odpovídající formě. Je ale zajímavé, že obě funkce přesto byly určitým způsobem provedeny – tedy obě funkce měly následkem vysílání letounu KLM nějaký výstup. Řídicí letového provozu po vyslechnutí opakování letového povolení od prvního důstojníka letounu KLM odpověděl slovy: „OK... Stand-by for take-off, I will call you.“, tedy „OK... Čekejte pro vzlet, zavolám vás.“ Toto vysílání nebylo povinné, komunikace ohledně letového povolení skončila a povolení pro vzlet ještě nebylo vydáno. V reakci na informaci pochopenou jako informaci o pozici pro vzlet ale řídicí pro jistotu dodal, že má letoun KLM pro vzlet čekat. Tento postup lze označit za standardní, řídicí tímto vysíláním nejen dává pro jistotu najevo, že ještě nebylo uděleno letové povolení, ale zároveň ujišťuje posádku, že povolení ke vzletu bude uděleno a že o připravenosti letounu KLM ke vzletu ví. Obdobně ničím nevynucené vysílání vyšlo z funkce zpětné vazby posádky letounu Pan Amu. V tomto případě se jednalo o informaci, že letoun stále pojíždí zpět po dráze. Oba tyto nevynucené výstupy lze považovat za projev dílčí odolnosti. Ani jedno z vysílání neproběhlo na základě stanoveného postupu, ale lidské posádky se rozhodly tato vysílání zařadit za účelem zvýšit bezpečnost a efektivitu provozu. Bohužel ale došlo k tomu, že obě vysílání byla započata přibližně ve stejnou dobu a překrývala se. Jejich začátek nastal tak krátce za sebou, že ani jeden z vysílajících si druhého překrývajících se vysílání nevšimnul a pokračoval v tom svém. V kabině letounu KLM byl tedy slyšet pouze pískot z rádia, následně doplněný volací značkou letounu Pan Am.

5.1.6. Závěry analýzy

Byl vytvořen model FRAM pro zkoumanou nehodu. Podařilo se uspokojivě popsat při nehodě vykonávané činnosti jako funkce a jejich chování popsat jako adaptaci na variabilitu jednotlivých parametrů.

Následně bylo při analýze identifikováno pět funkcí zasažených rezonancemi:

1. Rozhodování o činnosti kapitána KLM
2. Kontrola kapitána prvním důstojníkem KLM
3. Předávání informací a požadavků a ATC prvního důstojníka KLM
4. Řízení pozemního provozu řídicího letového provozu
5. Sledování radiokorespondence pilotů Pan Amu.

První tři jmenované funkce lze označit za primární funkce, ve kterých rezonance vznikly. Do ostatních funkcí se druhotně rozšířily skrze vazby.

Rezonujícími parametry u primárně rezonujících funkcí byly v případě rozhodování o činnosti jazykově variabilní vstup komunikace řídicího letového provozu, řízení v podobě frazeologie a sociálního řízení očekávání spokojenosti cestujících a času v podobě norem doby služby. V případě kontroly kapitána prvním důstojníkem a předávání informací a požadavků ATC patřil k rezonujícím parametrům vstup v podobě vzletu bez povolení ke vzletu – neboli výstup předchozí zmiňované funkce rozhodování realizovaný skrze řízení letounu a parametr řízení. V případě kontroly kapitána se jednalo o sociální řízení osobními vztahy ke kapitánovi a zkušenostmi. V případě předávání informací a požadavků ATC se jednalo o frazeologii a jazykové schopnosti. Posledním rezonujícím parametrem byl čas u funkce kontroly kapitána prvním důstojníkem. I když vědomým aktem, jehož přímým důsledkem byla srážka obou letounů, bylo zahájení vzletu, rozhodující pro vznik nehody z pohledu FRAM byla až druhá rezonance vzniklá na funkcích kontroly kapitána a předávání informací a požadavků ATC. Jistě nelze popřít, že k rezonanci v případě rozhodnutí ke vzletu došlo a že se jednalo o extrémně závažnou odchylku od normálních výstupů této funkce. Podoba tohoto výstupu byla nicméně taková, že systém disponoval dalšími funkcemi, které mohly šíření odchylky zabránit a tuto zpětně utlumit – existovala tedy cesta zpětné vazby. Prvotně funkcí kontroly kapitána a druhotně ostatními účastníky situace na základě informace o činnosti letadla. Teprve výstup z funkce předávání informací a požadavků měl takovou podobu, že znemožnil, aby systém jako celek dokázal vzniklou výchylku utlumit. Právě moment vysílání prvního důstojníka letounu KLM informujícího gramaticky nesprávně o prováděném vzletu lze tedy považovat za okamžik, kdy se situace vymkla kontrole a situace se nevratně stala dynamicky nestabilní.

Mimo tato nejzásadnější zjištění ještě stojí za pozornost časová shoda hlášení letounu Pan Am o pojíždění na dráze a vysílání řídicího letového provozu, který informoval posádku letounu KLM, že mají čekat pro vydání povolení ke vzletu. Jak bylo uvedeno výše – obě hlášení jsou svým způsobem projevem odolnosti, protože se jedná o návrhem systému neplánovanou adaptaci lidských pracovníků, kteří se tímto přizpůsobením provozních postupů snažili zajistit bezpečnost a plynulost provozu a vysílání.

Návrhy opatření by tedy měly všeobecně směřovat k tlumení výše popsaných variabilit. Toho lze dosáhnout dvěma způsoby – zvýšením přesnosti parametrů, nebo jejich lepším načasováním (Hollnagel, 2014). Zároveň by navrhované postupy měly být samy o sobě co nejjednodušší, ale měly by umožňovat pracovníkům jejich volné použití dle potřeby momentální situace.

V případě tlumení variabilit v komunikaci – ať už při komunikaci od řídicího letového provozu směrem k letadlu před zahájením vzletu, nebo při komunikaci od prvního důstojníka letounu KLM směrem k řídicímu letového provozu a ostatním letadlům – je klíčovým prvkem přesnost jazykového zpracování zpráv. Opatřením pro utlumení této variability by tedy bylo zvýšení jazykové úrovně pilotů a řídicích letového provozu. Je třeba si uvědomit, že přesnost pochopení zprávy není ovlivněna jen jazykovou a frazeologickou přesností konkrétního vysílání, ale celkovou jazykovou úrovní předešlé komunikace. Jinými slovy – i vysílání, které bylo jazykově a frazeologicky v pořádku, může být vyloženo nesprávně, pokud adresát vysílání musel dřívější vysílání vykládat vzhledem k jejich jazykové úrovni volněji. Nemusí totiž tudíž rozpoznat, které vysílání je řečeno správně a je třeba ho vykládat doslova, a které je třeba vykládat volněji vzhledem k horší jazykové úrovni.

Totéž může platit o použití frazeologie, kdy absence určitého konkrétního identifikačního znaku daného vysílání, jako byl v tomto případě daný formát povolení ke vzletu, může znamenat nejen to, že vysílání není povolením ke vzletu, ale také že vysílání ve významu povolení ke vzletu nebylo odvysíláno správně. V rámci frazeologie by tedy mělo dojít k zvýšení přesnosti určení nejen povolení ke vzletu, ale i ostatních potenciálně konfliktních vysílání, aby byla i tato vysílání jednoznačně identifikovatelná a odlišitelná od povolení ke vzletu. Zároveň konzistentnost přítomnosti určitých identifikačních znaků zvýší celkovou důvěru ve správnost použití frazeologie a může omezit variabilitu v podobě volných výkladů vysílání.

Dále variabilita vznikla nedostatečnou jazykovou úrovní prvního důstojníka letounu KLM, který nedokázal srozumitelně vyjádřit činnost letadla. Obdobné nepochopení vysílání by mohlo potenciálně nastat i při jiných situacích, než při vzletu. Je proto třeba využít potenciálu opatření i mimo rámec scénářů uvažovaných při tvorbě opatření, ale měla by umožnit volnou aplikaci

posádkám a řídicím letového provozu i na tlumení odlišně variabilních situací. Proto by se doporučení na opatření neměla zaměřit v tomto případě čistě na zavedení a důsledné dodržování konkrétní fráze pro provádění vzletu, ale především na gramatické odlišení informace o prováděné činnosti tvarem gerundia od ostatních druhů předávaných informací s tvarem infinitivu.

Eventuální doporučení by také mohlo směřovat k posílení zpětné vazby kontrolou kapitána. Rozhodnutí pro vzlet by tedy mohlo být provozními postupy podrobena nucené kontrole např. formou předepsané komunikace kapitána s prvním důstojníkem ohledně potvrzení zahájení vzletu.

Diskutabilním je pak zda by měla být nějaká nápravná opatření navrhována na tlumení časové variability vysílání jako reakce na současné vysílání posádky letounu Pan Amu a řídicího letového provozu. V první řadě je otázkou, zda k oběma vysíláním vůbec mělo dojít. Z hlediska návrhu systému totiž ani jedno z nich nebylo předepsaným vysíláním. V případě řídicího letového provozu se ale jednalo o dokončení konverzace ohledně letového povolení a předání informace, že povolení pro vzlet bude uděleno. Tento postup lze považovat za správný a je důkazem odolnosti systému. Totéž lze říci o vysílání posádky letounu Pan Amu, i když v jejich případě se jednalo o vysílání, které z předchozí komunikace nevyplývalo vůbec a bylo započato zcela svévolně. Přesto lze říci, že jeho provedení je taktéž znakem odolnosti, protože posádka tímto vysíláním chtěla upozornit na svojí přítomnost na dráze a zároveň pravděpodobně všem ušetřit čas a otázky na jejich pozici. Je nesporné, že kdyby jedno, či druhé vysílání v kabině Boeingu KLM zaznělo, šance, že by se nehodě podařilo zabránit, by existovala. Zabraňovat těmto nevyžádaným vysíláním by tedy bylo zcela v rozporu s filosofií resilience engineering. Právě způsoby, kterými pracovníci v provozu aktivně zabraňují nebezpečným situacím, by měly být podporovány a posilovány, ne likvidovány snahou o práci podle plánu. Jako rozumnější způsob tlumení této variability se jeví pokusit se zaměřit na překrývání vysílání. V tomto případě ale závěry přesahují z oboru zkoumání bezpečnosti do oboru letecké radiotechniky. Není na tomto místě prostor a není ani účelem práce navrhovat konkrétní technická opatření. Filosofie navrhovaného opatření by ale měla být taková, že by mělo umožnit posádce buďto zabránit překrytí vysílání změnou komunikačních prostředků, nebo umožnit alespoň slyšet obě překrývající se vysílání, nebo upozornit vysílajícího pilota nebo řídicího na fakt, že na frekvenci současně probíhá jiné vysílání, tak, aby mohli na tento fakt reagovat jeho přerušením a následným opakováním. Jak bylo konstatováno výše, není účelem této práce diskutovat technickou proveditelnost těchto návrhů, ale ukázat potenciál metody FRAM pro formulování návrhů nápravných opatření, proto nebude technická proveditelnost těchto návrhů dále posuzována.

5.1.7. Vyhodnocení

Byl vypracován model systému v době nehody a následně jeho analýza podle zásad metody FRAM. Ve fázi zpracování modelu se objevil problém relativně velkého množství slepých parametrů. Ty by dle zásad pro zpracování modelu FRAM pokud možno neměly být přítomné, nebo by měl být preferován model s „loutkovými“ funkcemi, jejichž výstupem by byly právě tyto parametry. V několika případech byly ale i tak slepé parametry zachovány. V prvním případě se jednalo o parametr času – dostupnost prostoru na frekvenci. V tomto případě by odstranění tohoto slepého parametru vyřešilo začlenění funkce technického prostředku vysílání, jehož vstupem by byla všechna vysílání, a výstupy by byly vstupy pro všechny funkce přijímající vysílání. Tím by ale došlo ke značnému zneprůhlednění modelu, protože by nebylo snadno identifikovatelné, které vysílání je vstupem které funkce. Proto byl zachován slepý parametr. V ostatních případech se jednalo o rozhraní mezi skutečnými funkcemi realizovanými při zkoumané činnosti a funkcemi návrhu systému. Vzhledem k tomu, že metoda FRAM má za cíl zkoumat činnost v reálném provozu, byly i tyto funkce, které probíhají při návrhu, nikoli při realizaci provozu, vypuštěny. Lze tedy říci, že byl předepsaný postup tvorby modelu FRAM v souladu s filosofií resilience engineering přizpůsoben aktuální situaci – tedy zkoumanému případu.

Tyto případy zároveň demonstrovaly, že konkrétní podoba modelu FRAM je závislá nejen na modelovaném systému, ale také silně na účelu analýzy, který si vyžaduje různou úroveň podrobnosti rozboru jednotlivých funkcí a jejich vzájemných vazeb. Vzhledem k určité abstraktnosti popisu systematickým modelem FRAM je velmi pravděpodobné, že kdyby prováděl rozbor jiný člověk, mohl by model z jeho pohledu být vypracován s určitými odlišnostmi. Z výše uvedeného tedy vyplývá, že návrh systematického modelu FRAM, který zachycuje prováděné funkce, je obtížnější než tvorba lineárních modelů popisujících jednotlivé události, nebo jejich kroky, a může být vystaven vlivům subjektivního pohledu konkrétního zpracovávatele.

Závěrečná zpráva z vyšetřování (1978) této nehody uvádí jako příčiny nehody fakt, že kapitán letounu KLM:

1. provedl vzlet bez povolení,
2. neuposlechl pokyn „čekaňte pro vzlet“ od řídicího letového provozu
3. nepřerušil vzlet, když posádka letounu Pan Amu ohlásila, že jsou stále na dráze
4. na otázku palubního inženýra, jestli už letoun Pan Amu vyklidil dráhu, odpověděl empaticky v pozitivním smyslu.

Jako vysvětlení toho, jak je možné, že pilot s technickou kapacitou a zkušenostmi kapitána, jehož stav mysli během mezipřistání na Tenerife se zdál naprosto v pořádku, byl schopen o několik minut později provést základní chybu i přes všechna opakovaná varování uvádí zpráva následující faktory:

1. Rostoucí pocit napětí s tím, jak se kapitánovy problémy akumulovaly. Věděl, že vzhledem ke striktnosti v Holandsku zaměřené na aplikování pravidel pro omezení doby služby bude muset přerušit let, pokud nevzletí v relativně krátkém časovém intervalu. S tím by souvisely jak problémy pro jeho společnost, tak nepříjemnosti pro cestující. Navíc se meteorologické podmínky na letišti rapidně zhoršovaly, což znamenalo, že by musel buďto vzletět pod svými minimy, nebo čekat na lepší podmínky s rizikem překročení výše zmíněných limitů doby služby.
2. Zvláštní meteorologické podmínky na Tenerife jako samostatně zvažovaný faktor. To, co činí dohlednost obtížnou, není ve skutečnosti mlha, jejíž hustota a tudíž dohlednost v ní ji umožňuje uspokojivě přesně měřit, ale jsou to vrstvy nízko ležících mraků, které jsou posunovány větrem a způsobují proto náhlé a radikální změny v dohlednosti. Může být v určitých momentech i 0 m a změnit se na 500 m nebo 1 km v krátkém časovém intervalu, jen aby se vrátila zpět prakticky na nulu o několik chvil později. Tyto podmínky bez pochyby dělají pilotovo rozhodování ohledně vzletu a přistání mnohem obtížnější.
3. Fakt, že dvě vysílání se uskutečnily ve stejnou chvíli. „Čekejte pro vzlet, zavolám vás.“ od řídicího letového provozu proběhlo ve stejnou dobu jako vysílání Pan Amu „stále pojíždíme po dráze“, což znamenalo, že ani jedno vysílání nebylo přijato s požadovanou srozumitelností. Hvízdavý zvuk, který interferoval s komunikací, trval okolo tří sekund.

Dále zpráva uvádí následující jako fakta, jež musí být brána do úvahy, která přispěla k nehodě:

1. Nedostatečný jazyk. Když první důstojník letounu KLM opakoval letové povolení, zakončil svoje vysílání slovy „we are now at take-off“. Řídicí letového provozu, který nebyl požádán o povolení ke vzletu, a který ho následkem toho neudělil, nerozuměl, že vzlétávali. Zpráva „OK“ od věže, která předcházela „stand by for take-off“ byla taktéž nesprávná – i když to v tomto případě nebylo relevantní, protože vzlet již byl zahájen před šesti a půl vteřinami.
2. Fakt, že letoun Pan Amu neopustil dráhu na třetím křížení. Letoun měl s věží konzultovat, jestli křížení označené jako třetí bylo C-3 nebo C-4, pokud došlo k pochybnostem, a toto se nestalo. Avšak ani toto nebylo příliš relevantní, protože

letoun Pan Amu nikdy neoznámil vyklizení dráhy, ale naopak dvakrát upozornil, že po ní stále pojíždí.

3. Neobvyklá hustota provozu, která donutila věž k provádění pojížděcích manévřů, které, i když byly povolené, jako v případě pojíždění letounů po aktivní dráze, nejsou standardní a mohou být potenciálně nebezpečné.

Při porovnání výše uvedeného se závěry analýzy metodou FRAM zjistíme, že touto metodou byly vystiženy všechny příčiny, které se objevily v závěru z vyšetřování, a i všechny faktory, které ovlivnily kapitánovo rozhodování. Odlišný je ale pohled na jednotlivá fakta a díky tomu jsou v závěrech metody FRAM také uvedeny některé skutečnosti nepostihnuté původní zprávou z vyšetřování.

Nejprve se zaměříme na rozhodnutí kapitána letounu KLM pro vzlet bez povolení, které je uvedeno hned jako první příčina v závěrečné zprávě z vyšetřování a zároveň jsou ve zprávě uvedeny faktory, které k němu přispěly. Metoda FRAM nám v tomto případě poskytuje širší pohled na příčiny tohoto rozhodnutí. Na rozdíl od původní zprávy díky uvážení nutnosti toho, že pracovníci v reálném provozu vždy provádějí určité adaptace daných postupů a neočekávané výstupy nejsou produktem chyb, ale nevhodných nebo nedostatečných adaptací, metoda FRAM ukázala další faktor, který mohl k rozhodnutí přispět. Tím byly jazyková úroveň a frazeologie vysílání řídicího letového provozu. Z průběhu nehody je zjevné, že kapitán se rozhodl ke vzletu po udělení letového povolení, tedy právě zprávu s tímto povolením považoval za povolení ke vzletu. Míra adaptace při výkladu vysílání, která byla neúměrná situaci, ale nebyla v původní zprávě z vyšetřování zmiňována.

Naopak jeden z bodů vysvětlení kapitánova rozhodnutí v závěrech nehody se přímo v modelu FRAM nevyskytuje, a tím je znesnadnění rozhodování o vzletu specifickými meteorologickými podmínkami na Tenerife. Jejich vliv na konkrétní rozhodnutí kapitána pro tento vzlet je ale diskutabilní. I když samozřejmě dohlednost je faktorem, který, pokud je pod minimy, může znemožnit vzlet, v tomto případě byla ale dohlednost nad minimy. Lze tedy pouze přihlédnout k tomu, že potenciální zhoršení počasí mohlo mít vliv na časový tlak, kterému byl kapitán vystaven v souvislosti s normami doby služby. Tato souvislost je nicméně samostatně zmiňována právě u bodu časového tlaku způsobeného těmito normami.

I když jsou komunikační faktory součástí závěru obou analýz, pohled na ně je díky FRAM zásadně odlišný. Nedostatečná jazyková úroveň je v původní zprávě z vyšetřování zmíněna až mezi doplňujícími faktory, které přispěly ke vzniku nehody, ne přímo mezi příčinami. Tento pohled je důsledkem lineárního zkoumání událostí, kdy nepochopení věty „we are now at take-off“ nevedlo samo o sobě následně k žádnému činu, který by přímo zapříčinil srážku obou

letadel. Pokud ale budeme posuzovat systematický model této situace, právě tímto výstupem z funkce aktivní komunikace prvního důstojníka se situace definitivně dostala mimo kontrolu. I přestože vědomá činnost, která vedla k nehodě, nastala o dva kroky proti proudu událostí dříve a tato komunikační variabilita přímo nehodu nezpůsobila, byla prvním parametrem v systému, jehož variabilita překročila meze, za kterými již bylo možné variability tlumit. Jinak řečeno právě tímto vysíláním byla ztracena naděje, že systém dokáže vestavěnou zpětnou vazbou nehodě zabránit. Tento potenciál zpětné vazby navíc závěrečná zpráva marginalizuje tvrzením, že reakce řídicího letového provozu „OK“, která přecházela hlášení „stand by for take-off“, taktéž nebyla správná, ale toto není relevantní, protože byl vzlet zahájen už o šest a půl vteřiny dříve, než toto vysílání začalo. Od skončení tohoto vysílání do nárazu ale uběhlo dalších dvacet pět vteřin, což je více než dostatečná doba na přerušování vzletu, nebo minimálně zpomalení na takovou rychlost, aby bylo možné zmírnit následky nárazu, nebo se i za cenu vyjetí z dráhy srážce vyhnout. V této souvislosti stojí za zmínku, že původní zpráva z vyšetřování vedeného španělskými úřady byla zejména v Holandsku kritizována za příliš jednoznačné uvalení viny na kapitána letounu KLM a naopak zakrývání nedostatků na straně španělských pracovníků. Toto opomenutí je tedy pravděpodobně možné přičíst právě tomu. Z pohledu resilience engineering je navíc zajímavý fakt, že používaná frazeologie navrhnuta podle plánované podoby provozu nevybavila prvního důstojníka dostatečným nástrojem pro sdělení informace o probíhající vzletu, protože se situací, že vzlet je událost, která nepodléhá normované komunikaci o povolení ke vzletu, ale je třeba o ní informovat, nepočítá.

Poslední z příčin, která je uvedena v závěrečné zprávě, je kapitánova pozitivní odpověď na dotaz palubního inženýra, zda již letadlo Pan Amu vyklidilo dráhu. V závěru ale není vůbec zmiňována absence jakékoli zpětné vazby od prvního důstojníka, který by měl zejména být zdrojem zpětné vazby pro kapitána, jelikož je také pilot.

Příčiny nehody získané běžným vyšetřováním a metodou FRAM se tedy do velké míry shodují. Metodou FRAM se ale podařilo systematicky zařadit ty příčiny, které nebyly přímo vědomými činnostmi vedoucími k nehodě, ale měly charakter skrytých podmínek, které byly přítomné a hrály roli při vzniku nehody. Tyto skryté podmínky není možné modelovat v lineárních modelech, které pouze zachycují události a při použití klasických metod vyšetřování jsou tedy pouze textově doplněny mimo modelování zkoumané situace. Přestože použití metody FRAM nijak nezaručuje postihnutí všech těchto skrytých podmínek a k jejich identifikaci je stále potřeba zkušenost a intuice tvůrce modelu, nutnost popisovat funkce a zamýšlet se nad jejich souvisejícími parametry může být návodná při jejich hledání. Zejména ale metoda FRAM umožňuje i tyto faktory, které nebyly vlastními událostmi, přímo zachytit do modelu a tím

zaručuje snadnější utvoření představy o souvislostech mezi jednotlivými faktory a jejich vlivu na jednotlivé funkce.

Metoda FRAM dále díky tomu, že se primárně nezaměřuje na sledování sledu událostí vedoucích k nehodě, ale popisuje funkční souvislosti, odhaluje i to, jakou roli při vzniku nehody hrály funkce, které se přímo neúčastnily událostí, jež vedly ke vzniku nehody, ale jejich provedení mělo na vznik nehody zásadní vliv. Jedná se zejména o funkce, které poskytují, nebo umožňují zpětnou vazbu.

Jako doporučení nápravných opatření uvádí závěrečná zpráva tři body:

1. Kladení velkého důrazu na důležitost přesného dodržování instrukcí a povolení.
2. Používání standardního, výstižného a nesporného leteckého jazyka.
3. Vyhýbání se slovu „take-off“ v letovém povolení a dostatečný časový rozestup mezi letovým povolením a povolením ke vzletu.

Porovnání těchto doporučení s návrhy doporučení vycházejících z analýzy metodou FRAM je možno vyhodnotit podobně jako porovnání zjištěných příčin, tedy že část doporučení vycházejících z analýzy metodou FRAM se překrývá s těmi dříve navrženými závěrečnou zprávou – s tím, že na ně nahlíží z částečně jiného pohledu daného systematickým pohledem na faktory, které nebyly aktivními událostmi. Dále metoda FRAM doplňuje doporučení o nové návrhy, které se týkají posílení možnosti provedení zpětné vazby – ať už se to týká doporučení na zkvalitnění dorozumivacích schopností personálu zajištěním odlišení informací o činnosti a pozici, nebo o řešení časového překrývání vysílání, které může zabránit realizaci zpětné vazby ostatními účastníky provozu.

Můžeme tedy říci, že metoda FRAM obohatila závěry z vyšetřování nehody a doporučení na nápravná opatření o širší a systematictější pohled na okolnosti, které nebyly přímo aktivními událostmi v řetězci, jenž vedl k nehodě, ale byly buďto skrytými podmínkami, které nepřímo působily na vznik nehody, nebo mohly poskytnout zpětnou vazbu pro utlumení vznikajících variabilit. Díky tomu by nápravná opatření vycházející z metody FRAM mohla pomoci i v situacích odlišných od těch, které se odehrály na Tenerife.

5.2. Postupy pro vyhýbání se srážkám na okruhu

Protože resilience engineering má být uceleným přístupem ke všem stránkám bezpečnosti, nikoli jen k vyšetřování nehod, a metoda FRAM je výslovně určená primárně pro zkoumání situací za účelem posouzení potenciálních rizik, další případová studie bude tedy právě provádět analýzu rizik pro určitou situaci, nikoli analýzu nehody (Hollnagel, 2014). Konkrétně jsem zvolil situaci z opačného konce leteckého prostředí, tedy z VFR provozu letadel všeobecného letectví na neřízených letištích, se kterým mám sám jako instruktor v letecké škole nejvíce osobních praktických zkušeností. Konkrétně se bude analýza zabývat tématem vyhýbání se srážkám na letištním okruhu.

5.2.1. Stručný popis situace

Pilot během letu VFR ve vzdušeném prostoru třídy G a E, ve kterých se při letech okolo neřízeného letiště zpravidla pohybuje, provádí vyhýbání se okolnímu provozu vizuálně, přičemž k vyhledávání potenciálně konfliktního provozu používá primárně pohled z kabiny letounu. V letištní provozní zóně je dále využívána palubní radiostanice pro komunikaci na danému letišti přidělené frekvenci. Kromě toho, že existují povinně hlášené polohy a činnosti, mohou piloti také komunikovat směrem letadlo–letadlo mezi sebou pro upřesnění polohy. Na většině letišť v České republice je také v době zvýšené hustoty provozu, zpravidla tedy o víkendech, na některých letištích i část pracovních dnů, k dispozici služba AFIS (letištní letová informační služba), nebo její obdoba – služba poskytování informací známému provozu v omezeném rozsahu (dále budou obě služby označovány jen jako AFIS). Dispečer služby AFIS potom ze země monitoruje radiokorespondenci probíhající na letištní frekvenci, případně sleduje provoz z letištní věže vizuálně a informuje piloty o podmínkách na letišti i o přítomnosti ostatního provozu.

Pro určení polohy letadla se při pohybu bezprostředně okolo letiště používá letištní okruh, který se standardně skládá ze 4 rovných úseků a 4 zatáček o 90° (na některých letištích může být tvar mírně upraven v rámci postupů pro omezení hluku). Pro určení polohy se používá slovní označení jednotlivých rovných úseků. Úsek procházející osou dráhy ve směru odletu se obvykle označuje slovy „po vzletu, nebo po odletu“, následující kolmý úsek jako „napříč větrem“, další „po větru“, „base leg“ a úsek procházející osou dráhy ve směru příletu je označen jako „finále“. Druhou variantou je hlášení zatáček mezi rovnými úseky, které se označují jejich pořadím ve směru od vzletu po přistání. Pokud letoun přilétá, nebo odlétá z letiště, zpravidla se využívá právě letištní okruh, s tím že se ohlásí místo vstupu, nebo výstupu z okruhu. Pro orientaci mimo okruh se používá buď význačných bodů okolo letiště,

jako jsou například obce, hrady a terénní útvary, nebo označení směru a vzdálenosti od letiště, nebo některého z význačných orientačních bodů.

5.2.2. Vytvoření modelu

Vytvoření modelu pro tuto analýzu bylo náročnější než v případě první analýzy, protože sada modelovaných funkcí nevychází z konkrétní situace, která by zúžila pohled na to, které činnosti je třeba popsat. Model byl zvolen tak, aby počítal s tím, že se letoun pohybuje po okruhu, nicméně ostatní provoz se může pohybovat i vně okruhu, okruh opouštět, nebo se do něj vracet. Zároveň jsem při návrhu modelu vycházel z předpokladu, že i když ostatní činnosti na okruhu nemusejí být přímo součástí činností souvisejících s vyhýbáním se okolnímu provozu, mohou mít na ně vliv. Minimálně jako odebrání volné kapacity pilota je tento vliv nesporný. Před začátkem analýzy nelze navíc říct, zda nedojde k objevení dalších souvislostí.

K náčrtu prvních funkcí tedy posloužila dle doporučení (Hollnagel, 2014) analýza seznamu sloves z textu (Zitko, 2007) popisujícího modelovanou činnost. V tomto případě se jednalo o učební text pro žáky základního výcviku, který popisuje činnosti pilota na okruhu. Výpis sloves byl samozřejmě velice rozsáhlý a zahrnoval celou řadu velice konkrétních označení činností jako například zasunutí klapek, točení první zatáčky, potlačení řízení, nebo manipulaci s plynovou přípustí při změně režimů apod. Zjevně je tento popis pro analýzu příliš detailní, proto byly jednotlivé činnosti rozřazeny do skupin, které by bylo možné označit za jednu obecnou funkci konající tyto různé konkrétní činnosti v průběhu letu. Takto definovanými skupinami reprezentujícími funkce modelu jsou řízení letadla, provádění úkonů a hlášení o poloze. Míra zjednodušení modelu v této oblasti může být poměrně vysoká, protože nezkoumáme konkrétně ani jednu z těchto činností, přítomnost těchto funkcí je tedy zvolena čistě za účelem poskytnutí souvislostí, nikoli za účelem jejich vlastního zkoumání.

Protože výše uvedený text je popisem činnosti pilota na okruhu pro piloty začínající výcvik, je zaměřen skutečně pouze na popis činností, které pilot musí vždy viditelně vykonávat. Postupy k vyhýbání se srážkám tedy nejsou vůbec diskutovány a je tedy třeba model rozšířit, aby zahrnoval i další funkce, které umožní postihnout i tyto činnosti.

Základní podmínkou pro to, aby pilot mohl provést jakékoli opatření pro vyhnutí se srážce s provozem je informace o tom, že se v okolí nějaký provoz pohybuje a znalost jeho polohy, ať už je této znalosti dosaženo jakýmkoli způsobem. Primárním prostředkem pro vyhýbání se srážkám je pohled z kabiny letounu, kterým se vyhledává potenciálně konfliktní provoz a následně je případně také vizuálně prováděn manévr pro vyhnutí. Obzvláště na okruhu ale pilot musí rozdělovat pozornost mezi více činnostmi. Předně je třeba letadlo po okruhu řídit, tedy uvádět do stoupání a opět klesání a točit jednotlivé zatáčky, zároveň se neustále po okruhu

navigovat, měnit konfiguraci letadla z přistávací na cestovní nebo zpět a provádět úkony příslušné každému úseku okruhu. Proto i kdyby v okolí bylo jen jediné letadlo, které je potřeba sledovat, nemůže s ním pilot udržovat nepřetržitý vizuální kontakt. Navíc může být, a o letních víkendech zpravidla bývá, v okolí letiště i větší množství letadel. V tom případě není už vůbec možné udržovat neustálý vizuální kontakt s veškerým provozem. Informace o poloze předávané pomocí radiokorespondence také neumožňují kontinuální sledování, ale jsou jen časově i místně bodovými hlášeními. Pilot si proto musí udržovat myšlenkový přehled o poloze ostatních letadel na okruhu a v okolí letiště i mimo dobu, kdy bezprostředně vizuálně sleduje konkrétní letadlo, nebo kdy přijímá radiokorespondenci s informacemi o poloze. Tuto pro vyhýbání se srážkám stěžejní funkci vytváření a udržování myšlenkového modelu pohybu okolního provozu jsem pojmenoval souhrnně povědomí o provozu. Tuto funkci lze považovat za klíčovou pro vyhýbání se srážkám a bude jí tedy v analýze věnována největší pozornost.

Pod pojmem vstup se běžně rozumí materiál, nebo informace zpracovávaná funkcí na její konečný produkt neboli výstup. V případě modelu FRAM má ale vstup ještě jeden specifický význam – tedy, že vstup je spouštěcím parametrem funkce. Pilot nemůže přemýšlet o poloze potenciálně konfliktního provozu a rozhodovat se o případné činnosti pro vyhnutí se, dokud neví, že nějaký takový provoz existuje. Funkce povědomí o provozu je tedy spouštěna v momentě, kdy se pilot o existenci potenciálně konfliktního provozu dozvídá. Tuto informaci lze získat zpravidla ze třech zdrojů, které označíme jako další funkce pro model FRAM – preventivní vizuální prohledávání volného prostoru, hlášení o poloze a činnosti daného provozu a informace o provozu od dispečera AFIS. S letouny bez radiostanice, nebo naopak vybavenými elektronickými protisrážkovými systémy, se setkáváme zcela výjimečně, proto s těmito možnostmi model nebude počítat.

Dále je třeba počítat s tím, že pilot i později v momentě, kdy již o existenci letadla ví, získává další informace o poloze druhého letounu. Opět se může jednat o informace předávané pomocí radiokorespondence – ať už jde o hlášení od samotného pilota druhého letounu, nebo od dispečera AFIS, nebo může pilot pro získání informací o poloze potenciálně konfliktního provozu otočit ven z kabiny svůj zrak. V první řadě je třeba mít na paměti situaci, kdy se pilot sice již dozvěděl z radiokorespondence o přítomnosti potenciálně konfliktního provozu, ale poměr přesnosti obdržené polohové informace a pravděpodobné vzdálenosti nezaručuje bezpečný rozestup. V tom případě pilot musí aktivně vyhledávat tento již z jiných nevizuálních informací známý provoz, aby zpřesnil vizuálně jeho polohu a mohl vyhodnotit, zda a případně jak bude nutné se vyhnout.

Poslední funkcí zahrnující vizuální kontakt s potenciálně konfliktním provozem je vizuální sledování. V tomto případě hovoříme o situaci, kdy je pozice provozu známá, provoz je na

dohled a byl vyhodnocen jako potenciálně nebezpečný. Pilot tedy za účelem vyhnutí se srážce, nebo za účelem připravenosti k takovému manévru v případě, že by se vzdálenost nadále zmenšovala, udržuje nepřetržitý vizuální kontakt s konfliktním provozem.

Pokud se pilot z radiokorespondence dozví o přítomnosti potenciálně konfliktního provozu a přitom se mu nepodaří navázat vizuální kontakt pomocí vizuálního vyhledávání, může požádat o zpřesnění polohy provozu buď přímo pilota druhého letadla, nebo dispečera AFIS. Obě tyto funkce jsou již ale v modelu přítomny, takže je není třeba opakovat.

Tímto je tedy základní soupis funkcí proveden a následuje určení parametrů s tím, že v tomto případě byla snaha držet se zásady doplnění loutkových funkcí ke slepým parametrům. Takto byly ještě doplněny funkce zkušeností a výcviku, pozemní přípravy a rozdělení pozornosti. První jmenovaná jako poskytovatel řízení pro hlášení o poloze, povědomí o provozu a rozdělení pozornosti v podobě frazeologie, výcviku a zkušeností. Obdobně by bylo možné říci, že výcvik a zkušenosti řídí i funkce řízení letadla, provádění úkonů, nebo pozemní přípravy. Z důvodu udržení přehlednosti modelu byly ale tyto souvislosti vynechány, protože se týkají funkcí, které nepopisují přímo zkoumanou činnost. Pozemní příprava poskytuje funkcím hlášení o poloze a povědomí o provozu zdroj v podobě dostupných map a znalosti okolí letiště. Funkce rozdělení pozornosti byla do modelu vložena, aby zachytila fakt, že pilot nevěnuje veškerou svou pozornost vyhýbání se srážkám s okolním provozem, ale musí provádět i jiné činnosti, přičemž jeho kapacita je omezená jeho schopnostmi a zkušenostmi. Může nicméně ovlivnit to, kolik své kapacity v jaké situaci věnuje té které konkrétní činnosti a právě tento fakt reprezentuje funkce rozdělení pozornosti.

Při určení parametrů je sporné, jak naložit s funkcemi vizuálního vyhledávání provozu, vizuálního sledování provozu a hlášení o poloze, případně informace od dispečera AFIS v situaci, kdy je provoz už známý a tyto činnosti pilot vykonává za účelem zpřesnění polohové informace o druhém letounu. Jeden možný přístup je chápání funkce sledování provozu jako jednorázové činnosti, kdy přijatá informace o provozu je jednorázově zpracována, je vyhodnocena vzdálenost a nebezpečnost provozu a následně je na tomto základě učiněno rozhodnutí, jak na situaci reagovat. Tedy např. pilot se z radiokorespondence dozví o dosud neznámém provozu (vstup), vyhodnotí jej jako potenciálně konfliktní (provedení funkce) a rozhodne se provoz vizuálně vyhledat (výstup, ukončení činnosti funkce). Dále probíhá funkce vizuálního vyhledávání a teprve když tato funkce má nějaký výstup (tj. vyhledání letadla), tento se stane opět vstupem pro povědomí o provozu, funkce se vstupem opět spustí a je nově vyhodnocena nebezpečnost provozu. Druhý možný přístup je, že se funkce spustí takéž v momentě získání první informace o provozu, ale běží neustále, dokud je daný provoz vyhodnocován. V závislosti na změnách informace o provozu může mít opakovaně různé

výstupy a to až do doby, dokud nepřestane být provoz považován za potenciálně konfliktní. Tím okamžikem je funkce ukončena. Přestože první přístup je pro modelování jednodušší a přehlednější, nezachycuje tak věrně realitu, jako ten druhý. Nelze totiž říci, že by pilot vyhodnocoval každé letadlo znovu od začátku při každém hlášení o poloze, nebo vizuálním kontaktu, ale naopak si díky těmto dodatečným informacím udržuje průběžně představu o pohybu letadla. Zároveň výstupy nemusí být časově přímo návazné na informace o poloze provozu. Např. pokud pilot v poloze po větru obdrží informaci o provozu na dlouhém finále, provoz je pro něj v tu chvíli nekonfliktní a může předpokládat, že tento provoz bude pravděpodobně přistávat s rezervou před ním, žádný výstup tedy v tu chvíli nenastává. V momentě, kdy se ale dostane před čtvrtou zatáčku a o zmíněném provozu nezazněla v radiokorespondenci žádná další zmínka, jako např. poloha na krátkém finále, nebo vyklizení dráhy, měl by pilot zahájit činnost pro zpřesnění informace o poloze, aby nedošlo ke srážce s tímto provozem při točení čtvrté zatáčky, nebo na finále. Těžko by tedy bylo možné považovat zahájení vizuálního vyhledávání provozu, nebo dotazování na polohu provozu za přímé zpracování informace o poloze na dlouhém finále o několik minut dříve. S tím zároveň nastává druhý problém, a to přiřazení parametru těmto doplňkovým informacím. Informace o provozu, je-li to první informace o tomto konkrétním provozu, je jednoznačně vstupem funkce povědomí o provozu, protože tuto funkci spouští. Pokud se ale jedná o následující zpřesňující informaci, nejedná se již o spouštěcí parametr a je tedy diskutabilní, zda by neměla být zařazena místo parametru vstupu jako parametr zdroje. Prvotní informace o provozu by tedy spustila funkci povědomí o provozu a všechny ostatní už by následně byly považovány za zdroj pro její vykonání. Toto rozdělení, ač logické, se ale nejeví jako praktické – stejný typ informace by byl dvakrát chápán odlišně, navíc by to do modelu vnášelo zbytečnou nepřehlednost. Navíc, protože hlavním výstupem FRAM není samotná grafická vizualizace modelu, ale textové posouzení variabilit (Hollnagel, 2014), není tak důležité, kterému parametru bude informace přidělena, jako to, že je v modelu uvedena. I když jsou definovány návody na posouzení, jak může variabilita jednotlivých parametrů ovlivnit funkci (Hollnagel, 2014), jsou velice obecné a hlavní část analýzy variabilit musí proběhnout nad popisem konkrétního systému a se zvážením skutečných vlastností zkoumaných parametrů. Efekty variabilit parametrů vstupu a zdroje se navíc téměř neliší. Na výsledné posouzení tedy nemá volba parametru nijak zásadní vliv a je proto ponecháno spojení vstupů výše uvedených funkcí pouze se vstupem funkce povědomí o provozu – zejména pro udržení přehlednosti modelu, aby výstup jedné funkce nebyl zároveň zdrojem a zároveň vstupem.

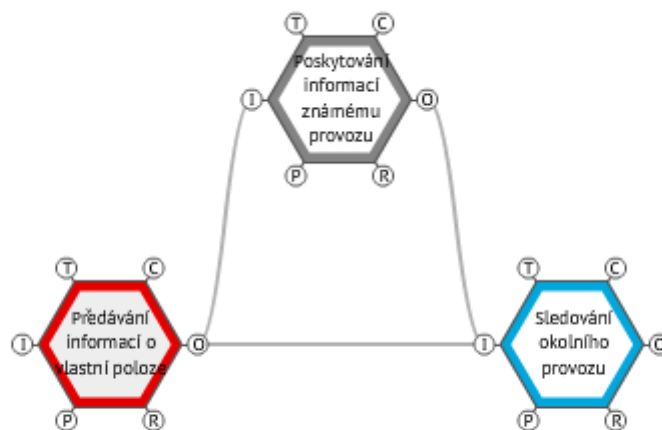
Protože pro vyhýbání srážkám je nutné, aby v systému byla minimálně dvě letadla, budou v modelu všechny funkce prováděné na palubách letadel uvažovány zdvojeně. Tam, kde to bude možné a nebude to ubírat na zřetelnosti modelu, bude ale pro jednoduchost popisována

každá funkce pouze u jednoho letadla a funkce u druhého letadla nebudou popisovány podrobněji, než bude nutné pro zachování souvislosti. Pro odlišení parametrů navázaných na neopomenutelné funkce druhého letadla je použito písmeno B na konci označení parametru. Funkce vykonávané službou AFIS jsou popsány jen do míry nutné pro zachycení parametrů funkcí pilota, nejsou ale zkoumány vnitřní souvislosti, protože jejich zkoumání je mimo účel vytvářeného modelu. Výsledný soupis funkcí je uveden v tabulce 3. Grafická podoba modelu je zobrazena na obrázku 4.

Tabulka 3 – Funkce

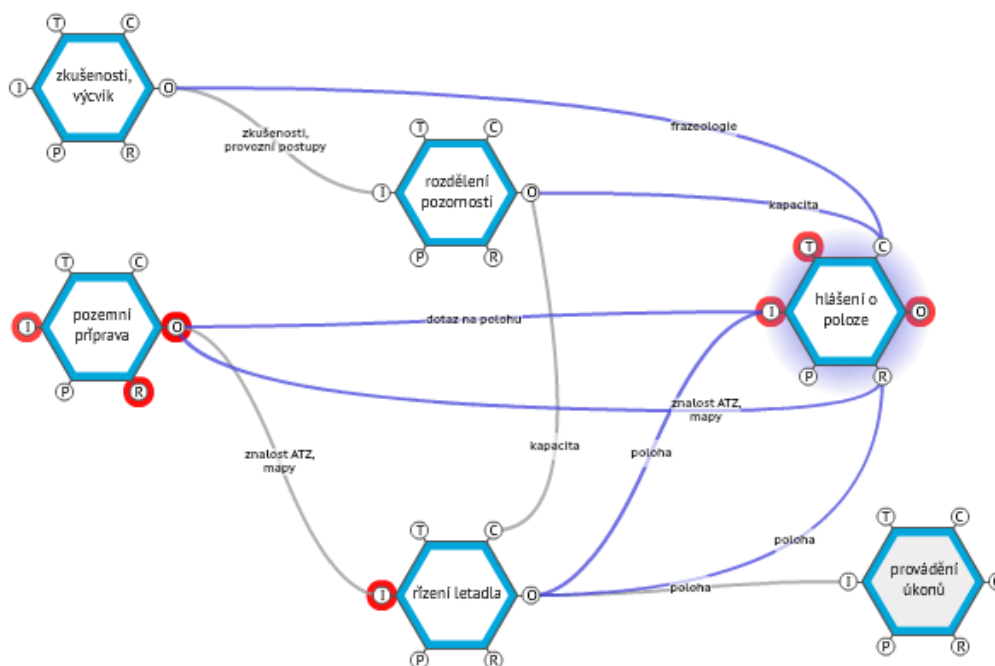
Vstup	Výstup	Zdroj	Řízení	Čas
Povědomí o provozu				
Vizuální kontakt, informace o poloze B, informace o provozu od AFIS	Preventivní manévr pro vyhnutí, vizuálně vyhledat/sledovat provoz, komunikace pro zpřesnění pozice B	Poloha, znalost ATZ, mapy	Zkušenosti, provozní postupy, kapacita	Kapacita
Vizuální prohledávání volného prostoru				
Kapacita	Vizuální kontakt	Poloha B		
Vizuální vyhledávání provozu				
Vizuálně vyhledat provoz	Vizuální kontakt	Poloha B		
Vizuální sledování				
Vizuálně sledovat provoz	Manévr pro vyhnutí, vizuální kontakt	Poloha B	Provozní postupy	
Hlášení o poloze				
Poloha, komunikace pro zpřesnění pozice, dotaz na polohu, informace o poloze B	Informace o poloze	Znalost ATZ, mapy, poloha	Frazeologie, kapacita	Dostupnost prostoru na frekvenci
Řízení letadla				
(Preventivní) manévr pro vyhnutí	Poloha		Kapacita	
Provádění úkonů				
Poloha				
Zkušenosti, výcvik				
	Zkušenosti, provozní postupy, frazeologie			
Pozemní příprava				
	Znalost ATZ, mapy			
Rozdělení pozornosti				
Zkušenosti, výcvik	Kapacita			
AFIS / Poskytování informací známému provozu				
Informace o poloze (B) komunikace pro zpřesnění pozice (B)	Informace o provozu, dotaz na polohu	Informace o poloze (B), vizuální kontakt s provozem		Dostupnost prostoru na frekvenci
Vizuální sledování / vyhledávání provozu				
	Vizuální kontakt s provozem	Poloha B		

Jak je z tabulky a obrázku patrné, model je při zahrnutí všech funkcí a parametrů obou letadel velmi rozsáhlý a nepřehledný. Proto jsem se rozhodl jej pro zkoumání zjednodušit jeho rozdělením na dva samostatné logické celky a ty nejprve analyzovat zvlášť. Ve své podstatě jde o zjednodušení snížením detailu modelu na pouhé tři základní funkce – předávání informací o vlastní poloze, sledování okolního provozu a poskytování informací známému provozu (AFIS). Vizualizaci zjednodušeného modelu ukazuje obrázek 5. V prvním kroku budeme zkoumat samostatně funkci předávání informací o vlastní poloze, ovšem ve větším detailu odpovídajícím původnímu plnému modelu. Závěry o variabilitě jejího výstupu následně využijeme při zkoumání druhé funkce – sledování okolního provozu – opět v původním detailu. Vzhledem k tomu, že dispečer služeb AFIS, nebo poskytování informací známému provozu využívá ke sledování provozu stejné prostředky, jako piloti sami, nebude tato funkce samostatně analyzována.



Obrázek 5 – Zjednodušený model

5.2.3. Model předávání informací o vlastní poloze



Obrázek 6 - Detail modelu předávání informací o vlastní poloze

5.2.3.1. Popis potenciální variability

Tabulka 4 – Popis variability modelu předávání informací o vlastní poloze

Řízení letadla

Vstup	Znalost ATZ, mapy	Viz pozemní příprava
	(Preventivní) manévr pro vyhnutí	Úhybný manévr mimo standardní tvar okruhu – variabilita tvaru
Řízení	Kapacita	Viz rozdělení pozornosti
Výstup	Poloha	

Vstupem pro řízení letadla na okruhu je znalost tvaru okruhu – ať už je daná přímo jeho znalostí, nebo čtením mapy. Nedokonalosti ve znalosti okolí letiště nebo neschopnost vyčíst přesný tvar okruhu z mapy způsobují variabilitu v podobě nepřesnosti. Tato se může dostat mimo kontrolu v momentě, kdy dojde k úplné ztrátě orientace a to zejména, pokud si jí pilot není vědom. Odchylnky od standardního tvaru způsobují i manévry pro vyhnutí provozu, ale

i další faktory, které by se z pohledu tvorby tohoto modelu daly označit za vlivy prostředí. Např. se může jednat o vliv meteorologickým podmínek, kdy není možné letět standardní okruh kvůli přítomnosti oblačnosti.

Provádění úkonů

Vstup	Poloha	Viz řízení letadla
Řízení	Provozní postupy	Viz zkušenosti a výcvik
Výstup	Konfigurace letadla a nastavení přístrojů	

Samotná variabilita polohy v podobě vstupu nemá na variabilitu této funkce zásadní vliv, pokud nedojde k úplné ztrátě orientace, nebo pokud míra úpravy tvaru okruhu není taková, že je de facto přeskočen určitý úsek a v důsledku opomenuty příslušné úkony. Do té funkce se ale výrazně promítají rozdíly v provozních postupech, a to jak v jejich psaných popisech, tak v naučených měkkých postupech. Pro vyhýbání se srážkám na okruhu jsou nejdůležitější postupy pro zapínání světel.

Zkušenosti a výcvik

Výstup	Zkušenosti
---------------	------------

Pojem zkušenosti můžeme v souvislosti s tímto modelem vnímat dvěma samostatnými významy. V první řadě se jedná o parametr určující celkovou dostupnou kapacitu pilota na provádění jednotlivých činností. I velice jednoduchý úkon, jako např. zapnutí palivového čerpadla, při jeho prvním provedení (na začátku výcviku, nebo např. i na začátku přeškolení na nový typ) může pilota plně vytižít, protože je třeba vypínač nalézt, potvrdit správnost určení vypínače i správnost provedení úkonu v danou chvíli. S narůstající praxí celkovou i na daném typu se ale takovýto jednoduchý úkon stává téměř podvědomým a pilot jej zvládá provádět téměř bez vlivu na kapacitu na ostatní méně náročné činnosti. Tento rozdíl je tím markantnější s narůstající náročností a opakováním dané činnosti. Druhý význam se částečně překrývá s provozními postupy. Předchozí zkušenosti pilota se neprojevují jen kvantitativně v nárůstu jeho kapacity, ale jejich charakter také určuje kvalitativně jeho smýšlení. Můžeme mluvit o měkkých provozních postupech – nikoli naučených z konkrétních materiálů provozovatele, ale získaných a formovaných předchozími zkušenostmi z různých typů provozu, létaných typů letadel nebo míst.

Výstup	Provozní postupy
---------------	------------------

Provozní postupy jsou samy o sobě jako psaný materiál popisující teoreticky správnou činnost neměnné a zdánlivě tedy nevykazují variabilitu. Na rozdíl od obchodní letecké

dopravy, kde jsou provozní postupy velice propracované a jejich dodržování je striktně vymáháno, bývají provozní postupy ve všeobecném letectví často omezené jen na popis úkonů souvisejících s ovládním jednotlivých systémů letadla daných jeho příručkou. Jakákoli nadstavba daná provozovatelem v podobě úpravy těchto postupů, nebo dokonce popisu ostatních činností je velmi závislá na provozovateli. Často navíc tyto postupy nejsou ani striktně dodržovány a jsou nahrazovány všeobecnými postupy (např. místo konkrétního pořadí úkonů daných příručkou letounu se postupy provádí v pořadí daném určitým směrem pohybu po přístrojovém panelu). V praxi prováděné provozní postupy jsou tedy spíše dány učebními materiály a výcvikem, než přímo v příručkách popisovanými postupy.

Výstup	Frazeologie
---------------	-------------

Jak bylo demonstrováno v předchozí analýze nehody na Tenerife, přesnost přenosu informací mezi komunikujícími může zásadně ovlivnit šíření variabilit systémem. Odlišný výklad frází na straně vysílajícího a přijímajícího pilota, nebo dispečera AFIS může zvyšovat míru variability, která se šíří dále. V případě komunikace o poloze je pak konkrétně variabilita dána způsobem vyjádření polohy a vztažnými body k jejímu určení. Tedy rozdíl v tom, zda je k určení polohy použita určitá standardní poloha (např. označení polohy na okruhu, nebo určitého v mapách specifikovaného bodu v ATZ), název význačného geografického prvku (např. města, vesnice, hrady, zámky, vysílače apod.), označení radionavigačního zařízení (pokud je v ATZ instalováno), nebo vzdálenost a směr od některého z těchto bodů.

Pozemní příprava

Výstup	Znalost ATZ
---------------	-------------

Jedná se o míru znalosti místních specifik, jako je např. tvar okruhu, a význačných orientačních bodů, která může být různá podle předchozích zkušeností s daným letištěm a kvality pozemní přípravy.

Výstup	Mapy
---------------	------

Pilot, který nezná ATZ dostatečně, využívá pro orientaci v okolí letiště mapu. Kromě map z oficiálního zdroje, tj. AIP, existují i komerční poskytovatelé mapových podkladů. Každá mapa má jinou symboliku, obsahuje různě podrobné zakreslení různých typů orientačních bodů a i vyobrazený tvar okruhu se může mírně odlišovat.

Rozdělení pozornosti

Vstup	Zkušenosti	Viz zkušenosti a výcvik
	Provozní postupy	Viz zkušenosti a výcvik
Výstup	Kapacita	

Míra zkušeností společně s vrozenými schopnostmi pilota určuje, kolik má celkově volné kapacity k rozdělení mezi jednotlivé úkoly, které musí, nebo by měl za letu plnit. Provozní postupy – ať už ty skutečně psané, nebo určené kvalitativní stránkou zkušeností – pak určují, čemu pilot věnuje v danou chvíli svou kapacitu. Variabilita tedy nastává jak v celkové kapacitě, tak v tom, kam je volná kapacita uvolňována. Podstatné je přitom uvést, že pilot s malou disponibilní kapacitou je nucen ji věnovat těm nejakutnějším věcem, jako např. řízení letadla a rozhoduje tak o mnohem menší části své kapacity, než pilot zkušený. Při dalším zvažování rozdělení kapacity je třeba brát v úvahu fakt, že provádění jakékoli činnosti (funkce) odebrává pilotovi disponibilní kapacitu. Tento fakt není do modelu nijak zaznamenán, neboť by tím došlo ke spojení se všemi funkcemi a tím značné ztrátě přehlednosti modelu.

Hlášení o poloze

Vstup	Poloha	Viz řízení letadla
	Komunikace pro zpřesnění pozice	
	Dotaz na polohu	
	Informace o poloze B	
Zdroj	Znalost ATZ	Viz pozemní příprava
	Mapy	Viz pozemní příprava
	Poloha	Viz řízení letadla
Řízení	Frazeologie	Viz zkušenosti a výcvik
	Kapacita	Viz rozdělení pozornosti
Čas	Dostupnost prostoru na frekvenci	
Výstup	Informace o poloze	

Jediným vstupem, jehož variabilita může způsobit variabilitu této funkce, je poloha letounu. Všechny ostatní vstupy jsou vstupy pouze ve významu specifickém pro model FRAM – tedy tuto funkci spouští, ale zároveň nejsou vstupem, který by byl funkcí zpracováván, tím je vždy poloha letounu. K šíření variability vazbami dochází v případě, že nepřesnost polohy není hlášením reflektována a poloha je hlášena i přes nepřesnost standardně (úmyslně, nebo neúmyslně kvůli ztrátě orientace, nebo navigační nepřesnosti). V tu chvíli dochází k odchylce mezi skutečnou a ohlášenou polohou. V případě hlášení nestandardních pozic se dále může variabilita polohy setkat s variabilitou frazeologie a znalosti ATZ, kdy jednu

polohu je možné označit více způsoby. Výběr, který pilot učiní, je pak závislý na jeho frazeologických dovednostech, ale též na podkladech, které mu jeho mapové podklady, nebo znalosti ATZ poskytují k prostorové orientaci. Informace předávaná okolnímu provozu pak ale nemusí být vyjádřena přesně. Může se jednat jak o jazykovou nepřesnost vyjádření, tak např. o nepřesnost určení směru, nebo vzdálenosti od význačného orientačního bodu.

5.2.3.2. Analýza modelu, identifikace potenciální rezonance

Cílem analýzy této části modelu je identifikace potenciální rezonance a popis potenciálně signifikantní variability ovlivňujících výstup nadřazené funkce předávání informací o vlastní poloze, které je tato část modelu detailem. Pro variabilitu hlášení o poloze byly identifikovány následující tři rezonanční cesty:

1. Pokud dojde k nepřesnosti polohy letadla bez vědomí pilota, pilot vysílá informace o poloze na základě mylně domnělé polohy. Variabilita vysílání polohy tedy rezonuje s chybou v jeho představě o poloze letadla. Můžeme hovořit o pouhé variabilitě polohy v případě, že se jedná o drobnou odchylku. V případě, že ale nastane případ úplné ztráty orientace, může být hlášení o poloze zcela irelevantní, čímž se situace může dostat mimo kontrolu.
2. Pokud si je pilot nejistoty polohy vědom, může pro hlášení využívat různou míru adaptace hlášení. To závisí na znalosti ATZ, dostupných mapách a frazeologii. Ty může využít k určení přibližné pozice pomocí odhadu na základě znalosti minulé trajektorie a snahy o nalezení alespoň částečné orientace za pomoci dostupných zdrojů. Pokud ale znalosti ATZ nebo mapy neposkytují dostatečné informace, nebo frazeologie neumožní pilotovi popsat svůj odhad, případně vyjádřit polohovou nejistotu, dochází k rezonanci mezi těmito parametry a nepřesností polohy.
3. Tatáž situace nastává i v momentě, kdy pilot vědom si správně své pozice provádí záměrnou odchylku od trati, např. pro provedení úhybného manévru, nebo pro nestandardní vstup nebo výstup z okruhu. Pouze vstup v podobě polohy je zatížen nižší nejistotou, přesto je stále variabilní a může dojít k propojení s ostatními variabilitami totožně jako v druhém případě a tím ke vzniku rezonance.

Mimo tyto rezonanční případy byly také identifikovány závažné variability, které i bez rezonance uvnitř nadřazené funkce předávání informací o vlastní poloze mohou ovlivnit chování návazných funkcí.

První variabilitou jsou odchylky a nepřesnosti ve frazeologii. I známá a přesná poloha, pokud je předána dále nepřesně, má potenciál pro rozvinutí rezonancí.

Další dvě variability se týkají možnosti vizuálního sledování letadla. Sama variabilita polohy je potenciálně signifikantním faktorem pro sledování letadla pilotem jiného letadla. Další variabilita, která může ovlivnit navazující funkce, jsou úkony související s osvětlením letadla, které může ovlivnit funkce navazující vizuální kontakt.

5.2.3.3. Závěr analýzy

Jednotčím prvkem všech tří popsaných variant rezonancí je schopnost orientace v ATZ a to jak v pro účely vlastní navigace, tak pro účely popisu polohy. Nejjednodušší doporučení k tlumení této variability by tedy bylo kladení důrazu na předletovou přípravu zaměřenou na přípravu na pohyb v ATZ. Konkrétnějším opatřením pro zpřesnění polohových informací (a tím tlumení variability) s přesahem i do dalšího jednotčího rezonančního parametru – frazeologie – by byla revize mapových podkladů s důrazem na vyznačení význačných orientačních bodů. Právě tyto orientační body často používají zejména místní piloti v okolí svých domácích letišť pro určení přesných poloh v rámci vlastní adaptace radiotelefonních postupů. Takto předaná informace je velmi přesná a mělo by být cílem resilience engineering takovouto přirozenou adaptaci posilující bezpečnost podporovat. V současné době, kdy jsou ale tyto orientační body známy pouze místním pilotům, je jejich využití pro piloty neznalé místních specifik omezené. Pro ně naopak informace takového charakteru může být bez vyznačení příslušných bodů v mapě matoucí, nebo pro ně při nejmenším nemá žádnou výpovědní hodnotu.

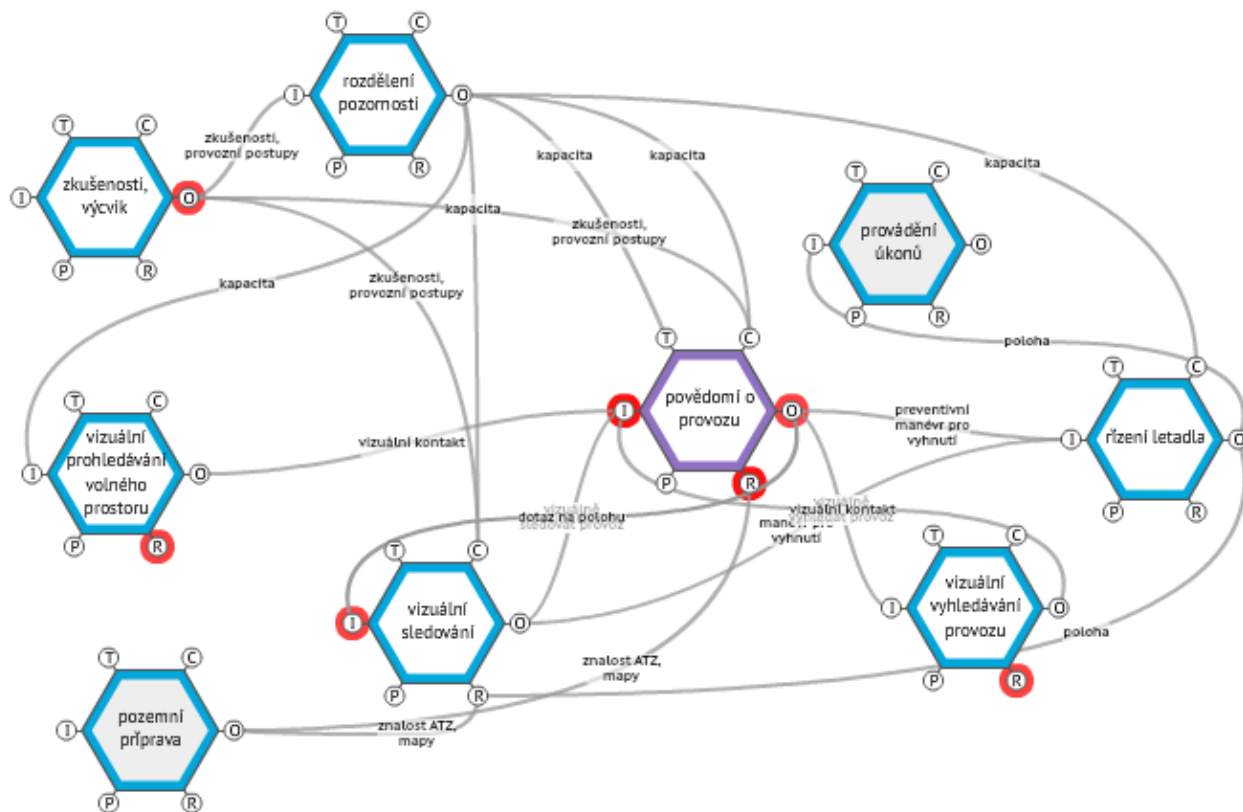
Ve světle současných protihlukových postupů se jedná pravděpodobně o zbytečný argument, nicméně vyšší míra standardizace postupů by opět přispěla k možnosti přesněji určovat polohy na každém letišti a tím tlumit rezonance způsobující variability. Tam, kde to není nutné, by se tedy neměly zbytečně aplikovat specifické místní postupy, protože přechod mezi nimi může zejména méně zkušeným pilotům komplikovat jak navigaci okolo letiště, tak popis polohy.

Pro tlumení variability vysílání je důležité poskytnutí nástrojů pro přesnější popis polohy. Za první takový nástroj je možno označit výše zmíněné vyznačení význačných orientačních bodů. Druhým takovým nástrojem by měla být frazeologie, která by měla být srozumitelná a jednoznačná. V případě určování polohy pomocí směru a vzdálenosti od určitého bodu, pokud nejsou tyto informace získané z palubních systémů, hraje roli také přesnost odhadu. Přesnost odhadů lze získat jedině praxí – snahou o zapamatování vizualizace vzdáleností na známých místech se známou vzdáleností.

Zejména žáci v základním výcviku mívají tendenci k povinným hlášením poloh na okruhu přistupovat jako k povinnosti, jejímž účelem je být splněna, nikoli plnit určitou funkci. Pro zpřesnění informací získávaných z hlášení o poloze na těchto hlášených bodech je proto třeba zdůraznit nutnost komunikace skutečné pozice (tedy v případě opomenutí hlášení po větru

např. „před třetí zatáčkou“, nebo „ve třetí zatáčce“), nikoli provedení standardního vysílání i za cenu jeho provedení v jiné pozici.

5.2.4. Model sledování okolního provozu



Obrázek 7 – Detail modelu sledování okolního provozu

5.2.4.1. Popis potenciální variability

Popisy funkcí řízení letadla, zkušenosti a výcvik, pozemní příprava a rozdělení pozornosti odpovídají popisu z předchozího modelu, nebudou tedy dále rozebírány.

Tabulka 5 – Popis variability modelu sledování okolního provozu

Vizuální prohledávání volného prostoru

Vstup	Kapacita	Viz rozdělení pozornosti
Zdroj	Poloha B	Viz řízení letadla
Výstup	Vizuální kontakt	

Vizuální kontakt jako samotný výstup nemá z pohledu určení pozice žádnou potenciální variabilitu, vizuálně zachycená poloha druhého letadla je přesná a neměnná. K nepřesnostem může dojít pouze v určení vzájemného směru pohybu, pokud není tvar a tedy i natočení druhého letadla dostatečně viditelný. Variabilita samotné funkce vizuálního prohledávání volného prostoru ale spočívá nikoli v samotném výstupu, ale v tom, zda výstup vůbec nastane, nebo ne, a kdy, resp. při jaké vzájemné poloze a vzdálenosti. To je dáno zejména variabilitou vstupu, tedy toho, zda je prohledávání prostoru před letadlem věnována dostatečná pozornost. Dále hraje také roli variabilita viditelnosti druhého letadla, tedy jak dobře je poloha (zdroj) zjistitelná. Zde hraje roli velikost letadla, jeho barva, osvětlení a světelné podmínky jako vliv prostředí.

Vizuální vyhledávání provozu

Vstup	Vizuálně vyhledat provoz	Viz povědomí o provozu
Zdroj	Poloha B	Viz řízení letadla
Výstup	Vizuální kontakt	

Tato funkce reprezentuje situaci, kdy se pilot rozhodne provoz, o jehož poloze se dozvěděl z radiokorespondence, vyhledat vizuálně, protože jej vyhodnotil za potenciálně konfliktní. Na rozdíl od předchozí funkce vizuálního prohledávání volného prostoru nemá ale v tomto případě vstup této funkce čistě význam spouštěcího parametru, ale zároveň předává funkci informace funkcí zpracovávané. Jinak řečeno s pokynem vizuálně vyhledat provoz přichází také přibližná představa o poloze získaná z radiokorespondence, která určuje prostor, ve kterém bude pilot provoz vyhledávat. Obdobně jako u výše uvedeného vizuálního prohledávání prostoru je samotný výstup vizuálního kontaktu prostý signifikantních variabilit, ale variabilita funkce spočívá v tom kdy, při jaké vzájemné poloze a zda vůbec k vizuálnímu kontaktu dojde. Z výše uvedených důvodů se do variability této funkce plně přenáší variabilita z hlášení o poloze druhého letadla, kdy odchylka mezi skutečnou a z radiokorespondence odvozenou polohou může způsobit vysokou variabilitu této funkce. Druhou potenciální variabilitou je nebezpečí záměny provozu za jiný, tedy že výstup vizuálního kontaktu neodpovídá vstupu v podobě požadavku na vyhledání konkrétního letadla.

Povědomí o provozu

Vstup	Informace o poloze B	Viz hlášení o poloze
	Informace o poloze	Viz AFIS
	Vizuální kontakt	Viz vizuální prohledávání volného prostoru, vyhledávání provozu a sledování provozu
Zdroj	Poloha	Viz řízení letadla
	Znalost ATZ	Viz pozemní příprava
	Mapy	Viz pozemní příprava
Řízení	Zkušenosti	Viz zkušenosti a výcvik
	Provozní postupy	Viz zkušenosti a výcvik
	Kapacita	Viz rozdělení pozornosti
Čas	Kapacita	Viz rozdělení pozornosti
Výstup	Rozhodnutí o reakci na provoz	

Funkci povědomí o provozu můžeme popsat jako udržování mentálního modelu pozice okolního provozu. Klíčovou informací je tedy poloha provozu, na základě které se pilot rozhoduje, zda je třeba na provoz nějakým způsobem reagovat, aby došlo k zabránění srážky. Za ideální stav s nulovou variabilitou (odchylkou) tedy považujeme situaci, kdy pilot ví o veškerém provozu, který se v jeho blízkosti pohybuje a zná přesně jeho pozici. Variabilita této funkce tedy spočívá v omylech jako je záměna dvou letadel, vinou variability vstupních funkcí opomenutí určitého konkrétního provozu, nebo nepřesnost domnělé polohy provozu.

Obecně můžeme tvorbu polohové představy rozdělit na dvě části. Ta první je vizuální a lze o ní říci, že je velice přesná, nepodléhající variabilitě v polohovém určení. Variabilitě naopak podléhá schopnost vůbec vizuálního kontaktu dosáhnout, proto tento vstup nemusí vždy plnit svůj účel. V tom případě dochází buď k úplnému opomenutí provozu, nebo k zachování pouze nepřesné radiokorespondencí získané informace.

Ty jsou pak právě obecně druhým zdrojem polohové informace. Ta je naopak velmi variabilní, jak z pohledu přesnosti samotné polohové informace, tak způsobem její interpretace, jak bylo popsáno v předchozí části. Pokud pilot nemá k dispozici jinou polohovou informaci, nemá jak variability tohoto vstupu tlumit. V některých případech může variabilitu tlumit pomocí adaptace na předpokládanou variabilitu např. v podobě předpokladu, že rychlejší letadlo poletí delší nebo širší okruh, nebo že pilot letadla, které

není bázováno na daném letišti, nemusí znát místní specifické postupy. Takováto adaptace ale nemusí být použita správně a naopak sama může způsobit další zvýšení variability uvnitř funkce. Dále je výklad radiokorespondenčních zpráv vystaven variabilitě ve frazeologii, ale také znalosti okolí letiště, kdy odlišná míra znalosti u vysílajícího a přijímajícího pilota může vést ke zvýšení nepřesnosti polohové informace.

Rozhodnutí, která může pilot udělat na základě povědomí o provozu, jsou provedení preventivního manévru pro vyhnutí na základě přibližné znalosti polohy druhého provozu, může zahájit komunikaci pro zpřesnění polohové informace, může začít vizuálně vyhledávat provoz, jehož polohovou informaci má zatím pilot k dispozici pouze z radiokorespondence, může začít provoz kontinuálně sledovat, pokud byl již vizuální kontakt navázán a pilot je přesvědčen, že je třeba vývoj vzájemné polohy sledovat průběžně pro zajištění rozestupu, nebo se může rozhodnout, že provoz není zatím potenciálně konfliktní a nedělat nic. Toto rozhodnutí přitom může po čase přehodnotit, pokud se předpokládaným pohybem z poslední známé pozice za určitý čas dostane pravděpodobně do potenciálně kolizní pozice.

Variabilita výstupů daná variabilitou (nepřesností nebo absencí) informace o poloze provozu spočívá především ve volbě nevhodného výstupu odpovídajícího domnělé nepřesné poloze, nikoli té skutečné. V případě vizuálního vyhledávání provozu na základě domnělé polohy je navíc variabilita reprezentována představou o poloze provozu, která určuje, do jakého prostoru bude vyhledávání zaměřeno. Pro preventivní úhybný manévr navíc nemusí být vlivem nepřesné informace zvolen správný směr. V případě neúspěšného vizuálního vyhledávání je systém vybaven zpětnou vazbou iniciovanou výstupem v podobě komunikace pro zpřesnění polohové informace. Její zahájení ale podléhá variabilitě řízení předchozími zkušenostmi a frazeologií. Tato komunikace je již mimo rámec té zcela standardní přesně určené komunikace, proto se od pilota vyžaduje určitá míra adaptace v podobě vhodné formulace otázky na polohu a vedení konverzace. Zahájení a podoba konverzace dále závisí na zkušenosti pilota s komunikací obecně, která určuje míru, s jakou je schopen nestandardní komunikaci vést.

Vizuální sledování

Vstup	Vizuálně sledovat provoz	Viz povědomí o poloze
Zdroj	Poloha B	Viz řízení letadla
Řízení	Provozní postupy	Viz zkušenosti a výcvik
Výstup	Vizuální kontakt	

Za vizuální sledování považujeme situaci, kdy pilot již zná pozici potenciálně konfliktního provozu a vyhodnotí ji tak, že je třeba její vývoj neustále sledovat pro udržení rozestupu. Výstup vizuálního kontaktu tedy slouží pro přehodnocení tohoto požadavku, de facto se jedná o zpětnou vazbu umožňující pilotovi rozhodnout o ukončení vizuálního sledování. Vzhledem k tomu, že na počátku vizuálního sledování je již pozice provozu známá, jediná potenciální variabilita je sledování jiného provozu, než který měl být sledován, pokud předchozí identifikace provozu ve funkci povědomí nebyla přesná.

Výstup | Manévr pro vyhnutí

Tento výstup je finálním produktem celého modelovaného systému. Správné vyhodnocení potřeby jeho provedení a správné provedení je hlavním cílem, kterému slouží všechny výše popsané funkce. Variabilita vyhodnocení potřeby provedení závisí na variabilitě funkce povědomí o provozu, tedy pokud nedojde ve správný moment k rozhodnutí zahájit vizuální sledování, nebo je zahájeno sledování jiného provozu, nemůže být ani vizuálně proveden manévr pro vyhnutí. Zároveň provedení tohoto manévru vnáší variabilitu do polohy letounu a její míra je dána provozními postupy aplikovanými pilotem při vyhýbání – jinak řečeno volbou manévru, který bude proveden pro udržení rozestupu.

5.2.4.2. Analýza modelu, identifikace potenciální rezonance

Prvním poznatkem, který je možné učinit při širším pohledu na model, je fakt, že existují právě dvě cesty od momentu, kdy ještě neexistuje žádná informace o existenci potenciálně konfliktního provozu po úspěšný manévr pro vyhnutí. První cesta začíná odposlechnutím první polohové informace z radiokorespondence, pokračuje přes její vyhodnocení a případnou upřesňující radiokorespondenci, vizuální vyhledání provozu, vyhodnocení nebezpečnosti až k jeho sledování za účelem provedení manévru pro vyhnutí se. Druhá, kratší, cesta začíná prohledáváním volného prostoru před letadlem, jehož výstupem je přímo přesná poloha provozu určená k vyhodnocení potřeby sledování a případně vyhnutí. Není vyloučeno, aby provoz již známý z radiokorespondence byl náhodně objeven při běžném nezaměřeném prohledávání prostoru před letadlem, stejně jako to, že informace o provozu nalezeném při takovémto vyhledávání bude během vývoje situace doplněna z radiokorespondence např. o další plánovaný směr pohybu provozu, jeho identifikaci apod. Obě cesty se tedy mohou v určitých situacích křížit, nicméně je možné je považovat za podstatou nezávislé. Neúspěšnost jedné z nich tedy neznamená neúspěšnost celého systému, pokud se ale spojí i s neúspěšností druhé, dochází k nehodě. První identifikovanou rezonancí je tedy právě toto spojení mezi variabilitou získání informace o poloze z vizuálního prohledávání volného prostoru a variabilitou ve funkcích navazujících na odposlechnutí hlášení o poloze.

Při konkrétním zkoumání jednotlivých funkcí lze identifikovat následující rezonance:

1. Ve funkci vizuálního prohledávání volného prostoru v kombinaci nedostatečné přidělené kapacity s variabilitou zdroje v podobě polohy a viditelnosti letadla. Nedostatečná kapacita může být dána nedostatečnou dostupnou kapacitou, nebo přidělením volné kapacity jiné činnosti. To může být způsobeno výcvikem, provozními postupy, nebo předchozí zkušeností, kdy např. pilot zvyklý na provoz pouze v řízeném vzdušném prostoru nemusí být zvyklý věnovat dostatečnou pozornost pohledu ven z kabiny letadla pro let v neřízeném vzdušném prostoru. Variabilita polohy spočívá v letu letadla mimo předpokládaný prostor – např. mimo standardní tvar okruhu, nebo určenou příletovou, nebo odletovou trať, přičemž v případě nedostatečné kapacity přidělené prohledávání prostoru musí pilot adaptovat funkci tak, aby prohledával právě ty místa, kde konfliktní provoz nejspíš očekává. Dalším vstupujícím parametrem je viditelnost letadla daná jeho velikostí, ale i barvou nebo osvětlením. Letadlo výrazně viditelné je snáz rozpoznatelné i při zevrubném zkoumání prostoru a to případně i periferním viděním. Následkem této rezonance je absence výstupu funkce.
2. Ve funkcích vizuálního vyhledávání a povědomí o provozu započaté variabilitou polohově nepřesného hlášení o poloze druhého letadla. Následkem této nepřesnosti dochází při vyhodnocení nutnosti vizuálního vyhledávání provozu k nepřesnému určení prostoru, ve kterém by se provoz měl pravděpodobně nacházet a tedy k zaměření pozornosti na prostor, kde nemůže dojít k vizuálnímu kontaktu s ohlášeným provozem. V tom případě vzniká rezonance v podobě neposkytnutí zpřesňující vizuálně získané informace zpět funkci povědomí o provozu a zároveň odebráním kapacity pro další činnosti, včetně prohledávání ostatního prostoru. V důsledku tedy právě nepřesná polohová informace může vést k nehodě, protože pilot nenaváže vizuální kontakt s konfliktním provozem, protože zaměřil svojí pozornost do jiného prostoru, než ve kterém se provoz ve skutečnosti nachází. Zároveň může dojít k záměně okolních letadel a tím k mylnému spojení ohlášeného letadla s jiným viditelným provozem. Tím dojde ke znemožnění provedení případného manévru pro vyhnutí se v důsledku ohlášení polohy do doby, dokud (pokud vůbec někdy) nedojde k objevení konfliktního provozu prohledáváním volného prostoru, nebo k vyhodnocení rozporu mezi hlášenou polohou konfliktního provozu a vizuálně získanou polohou mylně identifikovaného provozu. V extrémním případě nepřesnosti určení polohy může dojít i k tomu, že pilot mylně vyhodnotí provoz jako nekonfliktní jen na základě hlášení, tedy nedojde vůbec k výstupu zahájení vizuálního vyhledávání provozu. Ve všech případech lze výslednou variabilitu funkce po rezonanci označit za dostatečnou pro ztrátu kontroly nad situací a vzniku nehody.

3. Ve stejných funkcích a se stejnými projevy jako v předchozím případě, ovšem započaté nikoli rozporem mezi skutečnou a hlášenou polohou, ale variabilním přenosem polohové informace. Jedná se o ve své podstatě analogickou roli variability, jakou hrály frazeologie a jazykové schopnosti kopilota letounu KLM při nehodě na Tenerife analyzované v kapitole 5.1 ve snaze vyjádřit neobvyklou informaci o právě prováděném vzletu. V tomto případě kromě použité frazeologie a variability polohy, o které je informace předávána, hraje roli také znalost okolí letiště oběma piloty a dostupná kapacita pro provedení vyhodnocení. I když tedy na rozdíl od předchozího případu ohlašující se pilot svoji polohu přesně zná, nemusí dojít ke správnému výkladu a vyhodnocení na straně pilota druhého letadla se všemi důsledky popsány v předchozím bodě.
4. V případech 2 a 3 má pilot v situaci, že nedojde k navázání žádného vizuálního kontaktu (tedy ani toho falešného), možnost zahájit komunikaci pro zpřesnění polohové informace. Schopnosti pilota vést takovouto nestandardní komunikaci závisí na jeho předchozích zkušenostech s komunikací a může u dotazujícího se pilota vést k neochotě konverzaci zahajovat, nebo neschopnosti jí vést tak, aby došlo k získání potřebných informací. Stejně tak může dojít k rezonanci se zkušenostmi pilota, jemuž je dotaz adresován. Ten nemusí být vybaven zkušenostmi a naučenou frazeologií k tomu, aby na takovýto dotaz odpověděl. Tato komunikace tedy může být v případě této rezonance i zcela bez odezvy.

5.2.4.3. Závěr analýzy

Obě výše popsané cesty od získání první informace o provozu po manévr pro vyhnutí se jsou na sobě nezávislé a nemělo by docházet k preferenci ani jedné z nich. První cesta zahrnující radiokorespondenci s informacemi o poloze umožňuje získat povědomí o provozu výrazně dříve, než je možné dosáhnout vizuálního kontaktu a tím dává pilotovi větší prostor na přípravu reakce. Je tedy žádoucí, aby byla pro zpozorování provozu preferována právě tato cesta. Na druhou stranu, pokud se tak nestane z důvodu absence vysílání polohy, nebo některé výše popsané rezonance, je vizuální prohledávání volného prostoru jediným prostředkem k zabránění srážce, jakousi záchrannou brzdou. Vzhledem k omezené době mezi možnostmi navázat vizuální kontakt a momentem sblížení vyžaduje i tato cesta velkou pozornost, protože pro její zanedbání není mnoho prostoru. Je tedy jednoznačné, že je třeba oběma cestám věnovat ekvivalentní úsilí.

Pro tlumení variabilit způsobujících výše popsané rezonance je možné zvážit následující opatření:

1. Pro tlumení variability funkce vizuálního prohledávání volného prostoru je zejména nutné tlumit variabilitu kapacity dostupné pro tuto funkci. Obzvláště v rychlých letadlech je čas na reakci na provoz velice krátký, a proto není prostor pro zanedbání této funkce. Jak vyplývá z analýzy, jednou z příčin snížení schopnosti prohledávat prostor před sebou za účelem hledání dosud neznámého provozu je vyhledávání nebo sledování určitého konkrétního již alespoň částečně známého provozu. Ve výcviku je třeba na tuto specifickou situaci klást důraz. Dále je možné zvětšit pravděpodobnost navázání vizuálního kontaktu zlepšením viditelnosti letadel změnou zbarvení, nebo postupů pro používání osvětlení.
2. Možnosti tlumení rezonance způsobené nepřesnou polohovou informací jsou plně na straně tlumení variability této informace a v zachování kapacity pro funkci prohledávání volného prostoru uvedeném v bodě 1.
3. Pro tlumení možných nedorozumění mezi piloty je stejně jako v případě vysílání nutné vyzdvihnout důležitost znalosti ATZ, unifikace referenčních bodů a znalosti frazeologie, kterou může vysílající pilot využít. S ohledem na to, že některé nestandardní polohy nejsou frazeologií bez určité míry adaptace postihnutelné, je třeba piloty na nutnost porozumění takovým informacím ve výcviku připravovat, např. zařazením nácviku sledování provozu pomocí radiostanice na zemi bez zátěže dané letem. Pravděpodobnost chybné interpretace dále klesá s narůstající kapacitou, kterou může pilot vyhodnocování provozu věnovat.
4. Pro tlumení variability radiokorespondence zpřesňující polohové informace je důležité, i když je to v rozporu s požadavkem na zpřesnění frazeologie, zdůraznit nutnost aktivní komunikace. Ve výcviku je tedy třeba zdůrazňovat, že radiokorespondence neslouží k plnění úkonů v provozních postupech, ale k předávání informací a že jejich standardizace má napomáhat jednoznačnosti jejich významu, ale nemá svazovat jejich rozsah. V ostatních ohledech je variabilita a tudíž i potenciál rezonancí dodatečných hlášení o poloze shodný s těmi standardními již popsány.

Ze závěrů obou dílčích analýz vyplývá, že variabilita rozhodující pro vznik rezonancí vzniká pro vizuální prohledávání volného prostoru zejména na straně vyhledávajícího pilota, zatímco provoz může ovlivnit tuto funkci jen rozsvícením světel, případně volbou zbarvení letadla. Naopak rezonance vzniklé díky variabilitám souvisejícím s hlášením o polohách je možné tlumit zejména na straně vysílajícího pilota, zatímco na straně pilota informace přijímajícího jsou možnosti pro tlumení omezené.

Principem tlumení variability myšlenkového modelu polohy okolního provozu je všeobecně zvyšování přesnosti polohové informace. Proto by zavedení technických prostředků

umožňujících vizualizaci polohy okolního provozu pochopitelně přispělo k tlumení velkou měrou. Jak ale bylo řečeno výše, v současnosti toto vybavení ve všeobecném letectví chybí jak na palubách letadel, tak na pracovištích služeb AFIS a poskytování informací známému provozu v omezeném rozsahu.

5.2.5. Vyhodnocení

Pro udržení přiměřené přehlednosti zkoumaného modelu byl model rozdělen na dva logické celky, které byly zkoumány zvlášť. Tento postup se jeví jako vhodný, protože umožnil hlubší pohled do souvislostí mezi funkcemi, které se ve své činnosti doplňují. Nejedná se ale o standardní postup a ukazuje na to, že metodu FRAM zatím není možné používat ve všech případech jen jednoduchým následováním „návodu“ v podobě některého z materiálů, který se FRAM týká, ale je třeba na základě vlastního úsudku s metodou pracovat tak, aby bylo dosaženo kýžených výsledků.

Důležitost kvality vysílání polohové informace je, dle mého názoru, nedocenená. Učiněný závěr, že rezonancím v udržování mentálního modelu okolního provozu na základě radiokorespondence lze efektivně zabránit zejména tlumením variability samotného vysílání a že naopak pilot, který si mentální model vytváří, nemůže pro tlumení příliš udělat, je tedy zajímavý a do jisté míry překvapivý. Přirozenou tendencí každého je aktivně chránit za letu svůj život, tedy hledat okolní provoz a sám aktivně podnikat kroky pro zabránění srážkám. Přes toto soustředění na odposlech informací od ostatních, mapování jejich pohybu a samozřejmě i vizuální vyhledávání provozu nemusí být zcela jasně vidět fakt, že právě kvalita (polohová přesnost a včasnost) vysílání je klíčová a její vysoký standard by měl být napříč všeobecným letectvím propagován.

Totéž lze říci o závěrech týkajících se mapových podkladů, znalosti ATZ a pro informace o poloze používané frazeologie. Přestože používání referenčních bodů malé velikosti, jako jsou menší obce a malé terénní útvary, vede k vysoké přesnosti vysílané informace, pouze piloti velmi dobře seznámení s okolím letiště mohou takovou informaci interpretovat. Postupy ohlašování mimo standardní polohy na okruhu, které jsou v praxi používané, tedy v tuto chvíli nejsou schopny konzistentně poskytovat dostatečně přesnou a všem srozumitelnou informaci, a proto by bylo pro bezpečnost přínosné, kdyby byly podrobeny hlubší analýze, která je ale mimo dosah této práce.

Naopak očekávaný byl závěr, že pro vizuální nalezení okolního provozu je klíčová míra pozornosti věnovaná vizuálnímu prohledávání volného prostoru. Tento závěr je v souladu se současnou praxí i legislativou: „Pilot musí neustále sledovat prostor ve své blízkosti, bez ohledu

na třídu vzdušného prostoru, ve které letadlo letí. Letadlo nesmí letět v takové blízkosti jiného letadla, která by vytvářela nebezpečí srážky.“ (VFR příručka, ENR 2.1.6)

6. Závěr

Dosud používané metody a přístupy k bezpečnosti nejsou schopné dostatečně vysvětlit způsob, jakým dochází v komplexních socio-technických systémech k nehodám. Hledání příčin selhání a představa, že můžeme dokonale navrhovat a řídit komplexní systémy, vedly k tomu, že výzkum opomněl sledování běžné činnosti a zkoumání úspěchů. Rozdíl mezi selháním a úspěchem přitom nedokážeme určit přímo z pohledu na danou činnost, ale teprve z jejích důsledků. Představa, že selhání nastávají v důsledku chyb, které je možno samostatně zkoumat, hledat jejich příčiny, počítat a měřit, je tedy krátkozraká. Prostředí, ve kterém pracujeme, je proměnné a nikdy nemůže zcela odpovídat předepsanému prostředí, podle kterého připravujeme provozní postupy. Proto musí lidé přizpůsobovat svou činnost této variabilitě. Selhání nastává, když toto přizpůsobení není dostatečné, nebo vhodně zvolené. Existence tohoto přizpůsobení je ale zároveň životně důležitá pro efektivní fungování komplexních systémů v komplexním prostředí.

Lidé jsou zvyklí na základě pozorování okolního světa vnímat vazby mezi souvisejícími událostmi jako lineární sekvenci příčin a důsledků. Existuje tedy logický předpoklad, že pokud nastane nežádoucí výstup (nehoda), jedná se o důsledek jiné události, která je příčnou. Již v minulosti byl přijatý fakt, že tento jednoduchý lineární model není dostatečný k vysvětlení vzniku nehod v komplexních systémech, což vedlo k vývoji modelů s více sekvencemi událostí a skrytých podmínek. Těmito modely je ale možné posloupnost událostí popsat, nikoli pochopit jejich vazby.

Vypracováním dvou případových studií za použití metody FRAM se podařilo výše uvedené potvrdit. Vytvoření modelu umožnilo vnímání situace v systematických souvislostech. Podařilo se popsat funkční vazby uvnitř modelu a díky nim pochopit fungování systému. Při srovnání výsledků analýz metodou FRAM se závěry získanými dřívějšími metodami zjistíme, že některé závěry byly obdobné. Zatímco vazby, které v lineárních modelech považujeme za skryté podmínky, jsou při běžném uvažování produktem abstraktního odborného úsudku nad proběhlými událostmi, model FRAM nám umožňuje a vede nás v jejich začlenění přímo do struktury modelu. Díky tomu je možné i okolnosti, které nebyly přímo aktivními činy a událostmi vedoucími k nehodě, přehledně a jednoduše vyhodnocovat v kontextu ostatních faktorů.

Modelováním normálního fungování systému namísto modelování nehody se docílilo širšího, obecnějšího pohledu na situaci. V důsledku byla tedy i zamýšlená nápravná opatření zacílena obecněji a potenciálně tedy mohla pomoci tlumit neočekávanou variabilitu v širším spektru situací, než jen v případě opakování scénáře velmi podobného uvažované nehodě.

Za slabou stránku metody FRAM lze naopak považovat fakt, že postup vytváření modelu není exaktní, ale je založen na představě tvůrce (nebo tvůrců) o fungování modelovaného systému. Ta může být ovlivněna subjektivními vlivy, jako jsou předchozí zkušenosti a znalosti, osobní pohledy a názory apod. V dalším výzkumu by tedy bylo vhodné se zaměřit na tvorbu modelů a srovnání, jak různí lidé modelují stejné situace, nakořík případně rozdíly mohou ovlivnit výstupy analýz a zda je možné upravit postupy vytváření modelu FRAM tak, aby výsledné modely nebyly od různých tvůrců v zásadních ohledech rozdílné, aniž by došlo regulací uvažování k potlačení jakýchkoli přínosných myšlenek.

Hypotéza 1 tedy byla úspěšně ověřena. Resilience engineering poskytuje širší a komplexnější pohled na zkoumané bezpečnostní problémy a umožňuje pochopit vznik chování systému. Výstupy metody FRAM jsou oproti výstupům starších přístupů přínosné a jsou využitelné pro řízení rizik. V dalším výzkumu je ale třeba ověřit konzistentnost výstupů metody FRAM, případně pokračovat v jejím vývoji za účelem zajištění přiměřené konzistentnosti.

Vývoj metody FRAM trvá nyní krátce přes deset let. Její autor, Erik Hollnagel, se nyní snaží metodu zpopularizovat a zpřístupnit jí nejen vědcům, ale i bezpečnostním manažerům organizací. Kromě vědeckých publikací tak již existují internetové stránky o metodě (Hollnagel, 2015) a přehledně a srozumitelně zpracovaný FRAM manual (Hollnagel, 2014). Ten obsahuje zjednodušené principy i postupy vytvoření modelu a jeho analýzy s příklady, nicméně vytváření modelu stále vyžaduje velkou míru samostatného, často abstraktního myšlení. Nejedná se tedy o exaktní metodu, která by konkrétně krok po kroku určovala, kam a jak přesně do modelu zařadit kterou část zkoumané události. Často problematické je určení, kterému parametru se má přisoudit určitá vazba. Vzhledem k tomu, že ale hlavním výstupem metody FRAM není grafická podoba modelu, ale textová část, při které je třeba analyzovat faktické vazby, nikoli teoretické popisy vazeb mezi druhy parametrů, není přiřazení vazeb parametrům tak důležité, jako to, že daná vazba mezi funkcemi nebyla do modelu opomenuta.

V obou případových studiích navíc muselo být přikročeno k určité úpravě postupů tvorby modelu, kvůli udržení jeho přehlednosti. V prvním případě se jednalo o vypuštění zásady svázání slepých parametrů s loutkovými funkcemi. V druhé studii se jednalo o rozdělení modelu na dvě části a jejich samostatné zkoumání. Můžeme říci, že takovéto přizpůsobení předepsaného postupu aktuální situaci je v souladu s teorií resilience engineering, zároveň tento fakt ale dále poukazuje na výše zmiňovanou potřebu velké míry samostatného uvažování při tvorbě modelu.

Na druhou stranu je potřeba si uvědomit, že zatímco vytvoření lineárního modelu sekvence událostí je v porovnání s vytvořením modelu FRAM naprosto přímočaré, jakýkoli popis

souvislostí mezi okolnostmi, které nebyly přímo aktivními činnostmi, nebo událostmi ve vývoji nehody, se následně odehrává čistě v abstraktní rovině vlastního uvažování vyšetřovatele. Uspořádání parametrů funkcí v modelu FRAM nejenže tyto „neudálosti“ systematicky zachycuje, ale popis parametrů při tvorbě modelu je i určitým, i když zdaleka ne samospasitelným, vodítkem při jejich hledání.

Nelze tedy plně souhlasit s Hypotézou 2, protože aplikace modelu FRAM není triviální. Náročnější tvorba modelu je ale následně vyvážena výrazně zjednodušeným zpracováním skrytých podmínek, zpětných vazeb a dalších faktorů, které se nenacházejí na časové ose lineárního modelu.

Pro vytváření grafické podoby modelů byl použit software FRAM model visualiser v aktuální verzi 0.2.0 (Hill, 2014). Tento nebyl ještě k dispozici v době počátku vytváření analýzy nehody na Tenerife. Proto mohu ze srovnání s přípravou druhé modelu uvést, že tento software velmi zjednodušuje právě úvodní práci na modelu. Při kritickém zkoumání prvních návrhů modelu, kdy je třeba často provádět změny a zkoušet varianty je nedocenitelným pomocníkem, protože je možné provádět úpravy velice rychle a pohodlně a okamžitě vidět vizualizované výsledky. Práce s programem je jednoduchá a přehledná a při následné přípravě textového popisu variabilit a rezonancí je užitečná možnost vytištění tzv. reportu ve formátu pdf, jehož příklady jsou přílohou této práce. Grafický výstup ale není příliš pohledný a není možné ovlivnit vedení čar, které zobrazují vazby mezi parametry, ani umístění jejich popisků. U dvojic funkcí tvořících zpětnou vazbu (výstupy a vstupy jsou navzájem navázané) se tak popisky překrývají a u složitých modelů tento stav nevyhnutelně nastává i u graficky křížujících se vazeb. Proto je zatím použití tohoto softwaru limitované na vývoj modelu a jeho analýzu, pro prezentaci výsledků analýzy např. vrcholovému managementu, by pravděpodobně bylo vhodné využít pohlednější grafické řešení.

V budoucnosti by bylo vhodné se zaměřit na to, zda by bylo možné využít výstupy FRAM pro tvorbu scénářů zachycovaných systémem ECAIRS. Tato práce dává základní předpoklady pro další studium možností využití FRAM, na kterých je možné dále pracovat, a věřím, že tato metoda má pro výzkum bezpečnosti velký potenciál.

7. Použitá literatura

CILLIERS, Paul. 2005. Complexity, Deconstruction and Relativism. *Theory Culture Society* [online]. South Africa: University of Stellenbosch. Vol. 22, no. 5, s. 255–267, DOI: 10.1177/0263276405058052. Dostupné z: <http://tcs.sagepub.com/content/22/5/255.abstract>

HERRERA, I.A., WOLTJER R. 2010. Comparing a multi-linear (STEP) and systemic (FRAM) method for accident analysis, *Reliability Engineering and System Safety*. Vol. 95, s. 1269–1275. ISSN 0951-8320.

HILL, Rees. *FRAM Model Visualiser 0.2.0*. 2014. [software]. [přístup 25. 3. 2015]. Dostupné z: <http://functionalresonance.com/onewebmedia/FMV.air>

HOLLNAGEL., Erik. 2006. Prologue: Resilience Engineering Concepts. In: HOLLNAGEL, Erik, WOODS David D., LEVESON, Nancy. *Resilience engineering concepts and precepts*. GBR: Ashgate Publishing Ltd., s. 9-17. ISBN 9780754681366.

HOLLNAGEL, Erik. 2012. *FRAM: The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-Technical Systems*. GBR: Ashgate Publishing Ltd. ISBN: 9781409445531.

HOLLNAGEL, Erik. 2015. *the FUNCTIONAL RESONANCE ANALYSIS METHOD*. [online] [cit. 25. 5. 2015]. Dostupné na <http://www.functionalresonance.com>

HOLLNAGEL, E., HOUNSGAARD, J., COLLIGAN, L. 2014. *FRAM – the Functional Resonance Analysis Method – a handbook for the practical use of the method*. First edition. Southern Region of Denmark: Centre for Quality. ISBN 978-87-997477-0-2.

HOLLNAGEL, Erik, PARIÉS, Jean, WOODS, David D. 2011. *Resilience engineering in practice : a guidebook*. GBR: Ashgate Publishing Ltd. ISBN: 978-1-4094-1036-2.

LINH T. T. Dinh, PASMÁN, Han, GAO Xiaodan, MANNAN, M. Sam. 2012 Resilience engineering of industrial processes: Principles and contributing factors. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. vol. 25, no. 2, s. 233–241.

MIKAN Albert. 2011. *Bezpečnostní kultura a moderní přístup k bezpečnosti v letecké dopravě*. Praha. Diplomová práce. ČVUT.

ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR, s.p., Letecká informační služba. *VFR příručka*. [online] Praha. [cit.: 29. 5. 2015]. Dostupné na <http://lis.rlp.cz/vfrmanual/index.html>

ŠPANĚLSKO, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Subsecretaria de Aviacion Civil, Direccion general de transporte aereo, Comision de accidentes. 1978. *Závěrečná zpráva z vyšetřování*. [online]. Dostupné na <http://www.project-tenerife.com/engels/rapporten.htm>

WOODS, David D., HOLLNAGEL., Erik, 2006. Prologue: Resilience Engineering Concepts. In: HOLLNAGEL, Erik, WOODS David D., LEVESON, Nancy. *Resilience engineering concepts and precepts*. GBR: Ashgate Publishing Ltd., s. 1-6. ISBN 9780754681366.

ZIMMERMANN, Kyla, PARIES, Jean, AMALBERTI, René, HUMMERDAL, Daniel H. 2011. Is the Aviation Industry Ready for Resilience? Mapping Human Factors Assumptions across the Aviation Sector. In: HOLLNAGEL, Erik, PARIES, Jean, WOODS, David D. 2011. *Resilience engineering in practice : a guidebook*. GBR: Ashgate Publishing Ltd., s 257-274. ISBN 9780754681366.

ZITKO, Karel, VACÍK, Milan. 2007. *Učebnice létání: příručka pro výcvik soukromého pilota letounů – PPL(A)*. Praha: Springer Media CZ, s. r. o. ISBN: 978-80-86411-64-4.

8. Seznam příloh

Příloha 1: FRAM model visualiser – report modelu případové studie Tenerife 1977

Příloha 2: FRAM model visualiser – report modelu případové studie postupů pro vyhýbání srážkám na okruhu