ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Martin Obadal

BEZPEČNOSTNÍ ANALÝZA FUNKCÍ PROCESU POZEMNÍHO ODBAVENÍ LETADEL

Bakalářská práce

2020

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621 .....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Martin Obadal

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Bezpečnostní analýza funkcí procesu pozemního odbavení letadel**

Název tématu (anglicky): Safety Analysis of Aircraft Ground Handling Functions

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Analýza funkčního popisu systémů a modelu bezpečnosti FRAM
- Analýza standardních procesů pozemního odbavení letadel
- Tvorba funkčního modelu procesů pozemního odbavení letadel
- Analýza variability a funkční rezonance
- Vyhodnocení navrženého řešení

ČVUT FD

Rozsah grafických prací:	dle pokynů vedoucího bakalářské práce
Rozsah průvodní zprávy:	minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
Seznam odborné literatury:	Hollnagel, E. FRAM: The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-Technical Systems. Ashgate, 2012. Hollnagel, E. Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. Ashgate, 2014.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Andrej Lališ, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **10. srpna 2020**
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

L. S.

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Martin Obadal
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 16. prosince 2019

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli s vypracováním této závěreční práce. Poděkování patří především Ing. Andreji Lališovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, cenné rady a neskutečnou trpělivost. Jako dalšímu děkuji Husseinu Slimovi, který mi pomohl s vytvořením modelu. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, za morální a materiální podporu, kterou mi poskytovala po celou dobu studia a za korektury chyb. Speciální poděkování patří mému bratrovi a jeho motivačním proslovům v těch nejtemnějších chvílích.

Čestné prohlášení

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

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

Nemám závažný důvod proti 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)

V Praze dne 10. 8. 2020 Podpis Obadal

Martin Obadal

Autor: Martin Obadal

Název: Bezpečnostní analýza funkcí pozemního odbavení letadel

Instituce: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

Obor: Letecká doprava

Rok: 2020

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Bezpečnostní analýza funkcí pozemního odbavení letadel“ je analýza současného stavu problematiky pozemního odbavení a její následné vyhodnocení. Základem vyhodnocení je metoda funkční rezonanční analýzy (FRAM). Pro matematické vyhodnocení je použita navazující metoda kombinující FRAM s Fuzzy logikou. V první části práce je přiblížen současný stav. Popsán je koncept Safety-II ze kterého FRAM vychází, Fuzzy logika a procesy pozemního odbavení. V druhé části je vytvořen model systému pozemního odbavení a je detailně popsána metoda matematického vyhodnocení, která je na model aplikována. Výsledky vyhodnocení ukazují variability a funkční rezonanci v systému, které můžou být příčinou nečekaných událostí.

Klíčová slova: FRAM, letecká bezpečnost, Safety-II, funkční rezonance, pozemní odbavení letadel, letiště

Author: Martin Obadal

Title: Safety analysis of Aircraft Ground Handling Functions

Institution: Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences

Study program: Air Transport

Year of Publication: 2020

Abstract

The subject of this thesis „Safety analysis of Aircraft Ground Handling Functions“ is to analyze current situation of the process of ground handling and its evaluation. The evaluation is based on the Functional Resonance Analysis Method (FRAM). A follow-up method combining FRAM with Fuzzy logic is used for the evaluation. In the first part of this thesis, the concept of Safety-II, which is the basis for the FRAM, is introduced. As next are described basics of the Fuzzy Logic and processes of the Ground Handling. In the second part is created model of the system of Ground Handling and detailed description of the used method for evaluation. The results show variability and functional resonance in the system which can lead to unexpected events.

Key words: FRAM, aviation safety, Safety-II, functional resonance, ground handling, airport

Obsah

Seznam obrázků 4
Seznam tabulek 4
1 Úvod 5
2 Současný stav 7
2.1 Pozemní odbavení/Ground Handling 7
2.2 Safety 9
2.3 FRAM – Functional Resonance Analysis Method 10
2.3.1 Čtyři principy metody FRAM 11
2.3.2 Pět kroků pro aplikaci FRAMu 12
2.3.3 Fuzzy Logika 15
3 Tvorba modelu 17
3.1 Aplikace FRAMu 17
3.1.1 Abstrakční hierarchie 18
3.1.2 Popis funkcí 18
3.1.3 Popis funkčních aspektů a funkčních vazeb 22
4 Matematický postup vyhodnocení modelu 33
4.1 Letecká společnost 1, 9:35, stání u terminálu 33
4.2 Letecká společnost 2, 12:01, odlehlé stání 43
4.3 Letecká společnost 3, 11:50, šikmý nose-in 45
4.4 Letecká společnost 4, 10:45, stání nose-in 47
4.5 Vyhodnocení 49
5 Diskuse 50
6 Závěr 51
7 Zdroje 53

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Funkční model FRAM 19
Obrázek 2 – Definované křivky členství pro hodnoty CPC 28
Obrázek 3 - Definované křivky členství pro IVF 29
Obrázek 4 - Definice vstupů pro fuzzy systém ohodnocení pro získání kvality výstupu 30
Obrázek 5 - pravidla pro vyhodnocení kvality výstupu funkce se dvěma aspekty vstupu a ivf ... 31
Obrázek 6 - Grafické znázornění pravidel 32
Obrázek 7 - Funkční model FRAM s hodnotami IVF a kvality výstupu pro první měření 42

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rozdělení funkcí podle agentů 21
Tabulka 2 - Běžné výkonostní podmínky a jejích vliv na různé typy funkcí 25
Tabulka 3 – Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 1 39
Tabulka 4 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 1 40
Tabulka 5 - Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 2 43
Tabulka 6 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 2 44
Tabulka 7 - Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 3 45
Tabulka 8 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 3 46
Tabulka 9 - Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 4 47
Tabulka 10 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 4 48

1 Úvod

Letectví je jeden z nejužívanějších způsobů dopravy. Za krátkou dobu, kterou oproti jiným odvětvím dopravy existuje, si letecká přeprava získala velkou oblibu. Sice může být oproti jiným způsobům přepravy nákladnější, ale v rychlosti se jí žádný jiný nevyrovná. Zatímco se přeprava lodí, například přes atlantický oceán, může vyšplhat k trvání až týdnu nebo více, letadlo je tuto vzdálenost schopno absolvovat v řádu hodin. Její obliba proto stále roste. To má za důsledek neustále nové požadavky na letiště a jejich terminály, na zrychlení a zkvalitnění jejich odbavení. S těmito nároky se zvyšují i požadavky na co nejvyšší bezpečnost, i když se jedná o nejbezpečnější způsob přepravy.

Každý rok dochází k řadě nehod, které si vyžádají lidské životy. Ideální by bylo dosáhnout takové úrovně bezpečnosti, kdy by se k žádnému úmrtí, úrazu, či škodě na majetku nebylo možné ani přiblížit. Této úrovně je však v podstatě nemožné dosáhnout, minimálně to není možné v blízkém časovém horizontu. Neustále jsou tak vyvíjeny nové postupy, jak úroveň bezpečnosti co nejvíce zvýšit. Jelikož se bezpečnost netýká pouze cestujících a posádek letadel, ale také veškerých osob, které přijdou do kontaktu s letadlem, je snaha co nejvíce ochránit právě i je.

Ve své práci se tak zaměřuji na pracovníky, kteří jsou v kontaktu s letadlem po dobu, kdy stojí na zemi. Konkrétně na ty, kteří s ním přichází do styku v rámci pozemního odbavení. Celý proces pozemního odbavení je tak detailně zanalyzován a odráží způsob vykonávání činností během každodenního provozu. Tato pozorování jsou následně modelována pomocí metody FRAM, která je postavená na konceptu Safety-II. Ten se oproti původnímu konceptu zaměřuje na každodenní provoz a na to, proč systém funguje tak, jak má. Na pracovníky pak není nahlíženo jako na zdroj nehod, ale jako na důležitý prvek systému, který je v závislosti na okolních podmínkách schopen přizpůsobovat svoji výkonnost. Díky metodě FRAM lze v systému zjistit jeho slabá místa, kde může dojít ke vzniku variability. Jak variabilita postupuje systémem, dochází k jeho rezonanci. Pokud systém rezonuje až příliš, může dojít k neočekávaným událostem. V práci se tedy pokusím o odhalení těchto případných slabých míst v namodelovaném systému pozemního odbavení. [1] [2]

První část mé práce je tedy zaměřená na přiblížení současného stavu. Je zde popsán koncept Safety-I a Safety-II a jaký je mezi nimi rozdíl. Z konceptu bezpečnosti Safety-II přímo vychází metoda FRAM, která je detailně rozebrána. První část také obsahuje popis procesu pozemního odbavení a popis fungování Fuzzy logiky.

Ve druhé části práce je popsána tvorba modelu a k tomu použitý postup H. Slima z École de technologie supérieure (ÉTS), Montreal, Canada, s jehož školou byla navázána spolupráce a který mi byl velice nápomocný při aplikování metody na můj model.

V poslední části aplikuji výše zmíněnou metodu na konkrétní případy pozemního odbavení, k jejichž naměření došlo na mezinárodním letištěm. Konkrétní případy jsou vyhodnoceny a podle jejich výsledků jsou navržena opatření pro zvýšení bezpečnosti všech zúčastněných osob.

2 Současný stav

2.1 Pozemní odbavení/Ground Handling

Tato část popisuje, jak probíhají standartní procesy pozemního odbavení letadel, co je vše potřeba udělat, kdo to má na starosti atd. Jak již bylo řečeno, hlavním kritériem při odbavování by měla být bezpečnost. Pro mnoho leteckých společností je ovšem také velice důležitý čas, který odbavováním stráví. Zejména v případě nízkonákladových společností, jejichž požadavky jsou, aby letadlo po příletu do cílové destinace stálo na zemi jen minimální potřebný čas a ideálně co nejdříve pokračovalo v dalším letu. Proto v mnoha případech proces odbavení trvá jen pár desítek minut, zatímco u linek s delšími pauzami se může vyšplhat až k několika hodinám. V případě nedodržení určeného času odbavení může dojít ke zpoždění odletu. Časový tlak je ovšem jen jedna z mnoha věcí, které můžou mít vliv na kvalitu odbavení a udržování bezpečnosti všech zúčastněných osob. Dalšími vlivy a jejich detailnějšímu zkoumání se budu zabývat dále v práci.

Při odbavování se může v okolí letadla odehrávat mnoho úkonů najednou. Některé činnosti však mohou být začít prováděny až poté, co je jiná činnost splněna, a naopak jsou procesy, které můžou být vykonány v podstatě v průběhu celého odbavení a skoro nezávisle na ostatních. Dále bude následovat popis, jak takové pozemní odbavení probíhá.

Pilot je po dosednutí na runway naváděn na místo pro zastavení. Letadla zastavují na tzv. stojánkách, které můžou být otočné, průjezdné nebo Nose-in. Typ stání Nose-in je většinou realizován v blízkosti letištních budov s možností výstupu a následného nástupu cestujících přes nástupní most. Otočné a průjezdné jsou tedy považovány za stojánky odlehlé. Odbavení začíná ještě před tím, než se letadlo na určené místo dostane. Stojánku je před použitím vždy třeba pečlivě prohlédnout, zda se na ní nenachází nějaké cizí předměty, které by mohly poškodit kola nebo které by motor mohl vsát. Na stojánce je na zemi barevné značení, které pomáhá zajistit, že letadlo stojí na požadované pozici. Dále je zde také vyznačena zóna, ve které nesmí do úplného zastavení nikdo stát nebo se zde pohybovat. To platí jak pro lidi, tak pro techniku. [3]

Po zastavení jsou letadlu vloženy špalky ke kolům přední podvozkové nohy. Špalky zabraňují samovolnému pohybu letounu. Po založení kol dá pracovník signál posádce letadla a ta poté vypne motory a anti-kolizní maják. Až v tento moment je možné, aby k letadlu přistoupili i ostatní osoby. Je potřeba založit kola špalky i na hlavním podvozku a rozmístit výstražné kužely kolem letadla. Kužely se rozmisťují k motorům a pod obě křídla. Celý proces odbavení má na starosti Ramp agent, který začíná obcházet letadlo a kontrolovat jeho technický stav. V případě nalezení nějakých mechanických poškození

je nahlásí posádce, která rozhodne, zda je s tímto poškozením možné absolvovat další let. [3]

V momentě, kdy je letadlo zajištěno proti pohybu a je bezpečné se v jeho okolí pohybovat může začít odbavení. V případě stání typu nose-in je nejprve přistaven nástupní most. Poté je k letadlu připojen GPU neboli pozemní zdroj energie. Na odlehlých stanovištích se většinou jedná o vozík s generátorem, napájeným dieselovým motorem. V případě stání u terminálu je zabudován v nástupním mostě. V obou případech se připojuje pomocí kabelů. Výstup cestujících může být řešen několika způsoby. V případě stání Nose-in je většinou přistaven nástupní most, který ovládá vyškolený pracovník a kterým následně cestující dojdou až do terminálu. U odlehlých stání je potřeba přistavit schody. Některá letadla mají schody vlastní, zabudovaná v trupu. Po opuštění letadla po schodech cestující nastoupí do autobusů, které je odvezou k terminálu. V případě, že je letištní budova dostatečně blízko, můžou cestující dojít i pěšky. [3]

Dále probíhá několik různých aktivit najednou. Po výstupu cestujících je potřeba vnitřek letadla připravit pro nové cestující. To znamená, že je potřeba uklidit interiér, některé společnosti doplňují catering a podle plánu se také odčerpávají nádrže toalet a doplňuje se užitková voda. Současně s výstupem cestujících se již pracovníci handlingové společnosti starají o vyložení jejich zavazadel. To probíhá tak, že se k letadlu přistaví pásový dopravník a na jeho konec prázdné vozíky, kam se zavazadla skládají. Do zavazadlového prostoru musí vystoupat po dopravníku alespoň jeden pracovník, který bude na dopravník zavazadla pokládat. V případě, že je kromě zavazadel přítomen ještě jiný náklad, tak se také vyloží. Do prázdných zavazadlových prostor se následně naloží zavazadla cestujících, kteří budou odlétat. Po naložení se pásový dopravník a nákladní vozíky přesunou zase mimo vyhrazenou zónu. Další aktivita, která může probíhat současně s ostatními je plnění paliva. Plnění probíhá cisternou, která přijede k požadovanému letadlu. Ještě před připojením hadice by měla být cisterna uzemněna. Cisterna je pro tankování také vybavena filtry a čerpadlem. Po doplnění paliva si pracovník manipulující s cisternou uklidí hadice, odebere uzemnění a odjede. Během tankování by nemělo docházet k nástupu a výstupu cestujících a neměli by ani být přítomni na palubě letadla. [3]

Když se proces odbavení chýlí ke konci, zbývá již jen odstavit všechna pomocná zařízení včetně vozíků, schodů, dopravníků atd., uzavřít dveře nákladového prostoru a dveře kabiny. Poté dochází k zapnutí pomocné napájecí jednotky a odpojení pozemního zdroje energie. Následuje uvolnění předních kol. V případě, kdy je potřeba letadlo odtlačit, přichází na řadu push-back vozidlo, které uchycuje přední podvozkovou nohu a lehce ji nadzvedává. Uvolní se i kola na hlavním podvozku a ramp, agent se spojí s posádkou

pomocí sluchátek připojených k letadlu. Zapne se anti-kolizní maják a letadlo je doprovozeno na místo, odkud samo pokračuje na runway. [3]

V zimním období při nízkých teplotách, je podle rozhodnutí velitele letadla, před odletem třeba ještě letadlo odmrazit. K odmrazení dochází na speciálních plochách letiště a ideálně těsně před vzletem. Používají se typy kapalin pro rozpuštění ledu a sněhu již přítomného a kapaliny, které tvorbě ledu na určitý čas zabraňují. [3]

2.2 Safety

Jako hlavní kritérium pro odbavení letadel by měla být bezpečnost i pokud to má mít za následek, že letadlo bude muset na zemi strávit více času, než původně měla letecká společnost, pod kterou spadá, v plánu. Ať už se jedná o bezpečnost cestujících, posádky letadla, či zaměstnanců, kteří se pohybují po ploše letiště, snaha o jejich bezpečnost je vždy na prvním místě. Ne vždy tomu ale takhle bylo.

V minulosti, a vlastně částečně i v současnosti, se na bezpečnost pohlíží více vždy až v případě, kdy nás na ní nějaká událost přiměje nahlédnout. V lepších případech se například stanou jen drobná zranění či škody na majetku a v těch horších případech jde o ztráty na životech. Pokud se nestane nic, co by negativně ovlivnilo danou situaci, tak se nad tím nikdo nepozastavuje a převládá myšlenka, že se nic nestalo, protože systém je dobře navržen, otestován a tím pádem se chová správně. V případě, kdy se naopak něco pokazí, tak se veškerá pozornost upíná na tu část systému, kde k chybě došlo a zkoumá se co přesně se stalo jinak, než se stát mělo. Tento přístup popisuje koncept tzv. Safety-I. Pracuje se tedy s myšlenkou, že pro selhání existuje určitá příčina, kterou je potřeba eliminovat a v systému postavit určité bariéry, které této příčině v budoucnu zamezí. [2] [9]

Koncept Safety-I počítá pouze s dvěma možnými výstupy, a to buď akceptovatelný nebo neakceptovatelný, a za jeden z hlavních zdrojů nepřijatelných výstupů považuje lidskou chybu. Podle definice Safety-I je bezpečný stav takový, kdy se objevuje co nejméně špatných událostí. Díky tomu se dále odvíjí i způsob managementu bezpečnosti, který je reaktivní. Tím, že se sledují hlavně negativní odchylky od normálu, se připravujeme o pohled na komponenty, které na systém můžou mít naopak dobrý vliv a tím dostat pozitivní výstup ze systému. [2] [9]

Z výše zmíněných důvodů se začal na bezpečnost vyvíjet nový pohled. Nově jsou typy nehod zohledněny zavedením více typů příčin. Kromě selhání lidského faktoru (vysoká pracovní zátěž, chyby pracovníků, stres) souvisejí příčiny také s technologiemi (únava materiálu, nesprávně seřízený přístroj) či nezvládnutím organizace práce (kultura bezpečnosti). Člověk zde není považován za strůjce problémů, ale za důležitou součást

systému, která je schopna přizpůsobit svoji výkonnost vnějším vlivům. Člověk je také způsobilý rozeznat nebezpečí a případné neobvyklé situace řešit na základě aktuálních podmínek. Z toho vyplývá, že je způsobilý za výstupy jak nepřijatelné, tak i přijatelné. Tento přístup tedy popisuje koncept pohledu na bezpečnost označovaného jako Safety-II. [2] [9]

V Safety-II je bezpečný stav definován jako takový, kde se objevuje co nejvíce dobrých událostí. Zaměřuje se tak na věci, které se v systému chovají tak, jak mají, snaží se pochopit proč tomu tak je a pokouší se o zajištění toho, aby tomu tak bylo i v budoucnu. Opírá se také o názor, že úspěchy a selhání se od sebe neliší a dochází k nim stejným způsobem. Jsou výstupem stejné každodenní úpravy výkonosti v určitých situacích. Negativní výsledky by tak neměly být zkoumány jako unikátní záležitosti, ale spíše jako vyjádření určitého typu každodenní variability pracovní výkonosti. Protože následky událostí mají stejný původ, tak přestože se události v minulosti musely nespočetněkrát stát dobře a v budoucnu se pravděpodobně budou dít správně i nadále, může nastat situace, kdy najednou dojde k negativnímu vyhodnocení. [2] [9]

Na rozdíl od konceptu Safety-I, který systém rozkládá a zaměřuje se na jednotlivé komponenty, Safety-II s těmito komponenty pracuje jako s uceleným organismem, ve kterém se navzájem ovlivňují ať už negativně, či pozitivně. Nepříznivé výsledky jsou častěji způsobeny kombinací variabilit výkonosti, které nejsou v Safety-I brány v potaz, spíše než různými chybami a vadami. V případě, že chceme předcházet nechtěným situacím, které mohou nastat, tak každodenní výkonost musí být flexibilní a variabilní. [2] [9]

Safety-II tedy řeší management bezpečnosti proaktivně a nepřetržitě se snaží neštěstí předcházet tím, že se pokouší o předvídání vývoje situací a událostí. Dalším aspektem je fakt, že dat z běžného provozu je hodně, zato dat z nehod málo. Vstupy jsou zde tedy reálné hodnoty z každodenního provozu a zodpovídají za dobré i špatné chování systému. Bezpečnost se sleduje, vyhodnocuje a přímo nebo nepřímo ji řídí lidská výkonnost a její variabilita. [2] [9]

2.3 FRAM – Functional Resonance Analysis Method

Metoda funkční rezonanční analýzy byla představena v roce 2004 a dodnes je průběžně vyvíjena. Celá se odráží od teorie myšlenek Safety-II. Slouží jako nástroj pro modelování a vyhodnocování složitých sociotechnických systémů. Díky tomu, že se úspěchy i selhání dějí stejným způsobem, můžeme metodu používat i pro zkoumání každodenních činností, a ne pouze pro scénáře kdy něco selhalo. Metoda je tedy

schopná zkoumat události, které již v minulosti proběhly a zároveň události, které se potenciálně můžou stát v budoucnosti. K tomu používá variabilitu mezi jednotlivými funkcemi a případnou rezonanci, kterou variability v systému můžou vyvolat. Pokud systém bude jako celek rezonovat až příliš, povede rezonance neočekávaným událostem, které mohou způsobit nechtěné nebezpečí nebo nehody.

2.3.1 Čtyři principy metody FRAM

1. **Úspěch a selhání jsou ekvivalentní**

   Pokud se při analýze systému budeme zaměřovat pouze na selhání, nebudou se naše znalosti systému zvyšovat, ale zůstaneme na stejném stupni znalostí, dokud se neobjeví další selhání. Stejným způsobem, kterým se věnujeme selhání bychom se měli věnovat i úspěchu. Každá akce má totiž stejný původ (typicky v člověku a jeho chápání dané situace), ale její správnost ověříme až na výstupu. Předpokládá se, že dobré události vychází z dobře navrženého systému a jeho správného chování. Teoreticky ale může systém dosáhnout dobrého výsledku i v případě, že je docílen špatným postupem a pokud se včas neodhalí, tak v budoucnu může dojít k nechtěným výsledkům. [1]

2. **Nevyhnutelnost přibližných přizpůsobení**

   Stroje se dají nastavit na určitý výkon a konstantě podle něj pracovat. Pro lidské pracovníky toto nastavení není možné, a jejich výkonnost se mění v závislosti na aktuálních podmínkách. V praxi jsou tyto podmínky nedostatečně specifikovány a je potřeba dávat důraz na fakt, že zdroje např. materiály, pracovní síla, informace a hlavně čas, jsou obvykle omezené a někdy nedostatečné. Aby lidé mohli vykonávat svou práci, musí se tedy přizpůsobit individuálně a kolektivně, aby jejich práce těmto podmínkám vyhovovala. Přizpůsobení proto budou spíše přibližná než přesná, ale ve většině případů dostatečná, aby práce byla vykonána správně. Vyplývá z toho tedy, že výkonost je variabilní, ale je na ni pohlíženo jako na pozitivní vlastnost. [1]

3. **Emergence**

   Za normálních okolností variabilita výkonnosti sama o sobě nepřesáhne určitou hranici, kdy by způsobila nehodu. Pokud ale variabilita vznikne ve více funkcích najednou, může se nečekaně zkombinovat a v některých případech může vést ke vzniku následků. Tento jev nazýváme právě emergence. Následky, které budou vznikat jsou selhání nebo úspěch a v systému existovaly pouze v daný moment procesu a pouze na konkrétním místě a na rozdíl od výsledného výstupu v systému nezanechaly žádné stopy. Nelze je tedy vysvětlit nebo přisoudit určité funkci, či přisoudit selhání specifických komponentů a částí. Lze je ale vysledovat právě pomocí variability výkonosti. [1]

4. **Funkční rezonance**

   Variabilita funkcí se v systému může zkombinovat a vést k rezonanci. Při rezonanci systém osciluje s různými amplitudami. Vysokých amplitud může být docíleno i minimálními podněty. Jinými slovy se jednotlivé variability navzájem posilují a utlumují a tím se hodnota výsledné variability mění. [1]

2.3.2 Pět kroků pro aplikaci FRAMu

Krok 0 – Stanovení cíle:

Na začátku analýzy by se mělo stanovit, zda je cílem provést např. šetření nehody, což je reaktivní přístup, nebo jestli máme v plánu zkoumat systém, který funguje a hledat jeho případná slabá místa a na základě výsledku se je pokusit eliminovat. Tento přístup je proaktivní. [1]

Krok 1 – Identifikace a popis funkcí systému:

Účelem prvního kroku je identifikovat funkce, které jsou nezbytné pro úspěšné vykonání každodenních činností. Funkce by měly být popsány do detailu jako činnost, která se skutečně děje za podmínek, že systém pracuje správně nebo co se může stát, nikoliv obecně jako něco, co by mělo být vykonáno. Jejich slovní popis by měl zahrnovat sloveso a popis výstupu tvar stavu či podmínky. Vzhledem k tomu, že funkce mají popisovat reálný průběh, a ne ten původně zamýšlený, který vypadá dobře na papíru. Hodnoty, ze kterých vychází, by tedy měly být reálná data nebo výpovědi zkušených osob. Předpisy a popisy postupů vhodné nejsou, protože jsou idealizované a opomíjí souvislosti z reálného prostředí. Funkce jsou charakterizovány šesti aspekty – vstup, podmínky, čas, řízení, zdroje a výstup – které jsou popsány níže. Metoda FRAM zobrazuje funkce s těmito aspekty jako šestiúhelník, kde každý vrchol zastává jeden aspekt. Charakterizace funkčních aspektů definuje funkční vazby a potenciální variabilitu mezi funkcemi. Ty jsou mezi sebou propojené jako výstupy z předchozích funkcí („upstream“) do vstupů funkcí následujících („downstream“). [1]

Input/Vstup (I): Je spouštěcím parametrem funkce a následně je transformován vnitřním průběhem funkce na výstup. Signál může mít podobu určité informace, hmoty nebo energie. Vstup do funkce by měl odpovídat výstupu z funkce předcházející. Pokud je to zajištěno, variabilita z předchozí funkce bude ovlivňovat variabilitu funkce následující.

Output/Výstup (O): Je výsledek činnosti funkce. Pokud bude funkce ovlivněna variabilitou, můžeme předpokládat, že výstup z této funkce bude také variabilní a bude

přenášet variabilitu zase do další funkce. Variabilita ovšem nemusí být pouze negativní. Funkce se s ní může vypořádat a utlumit jí.

Precondition/Podmínka (P): Dokud není splněna, funkci nelze spustit, sama o sobě ale funkci nespouští. O to se starají vstupy. Může se jednat o stav systému nebo okolní podmínky, které musí být splněny při spuštění funkce.

Rescources/Zdroje (R): Něco, co je spotřebováno funkcí pro její vykonání nebo je pro ni potřebné. Zdroj může představovat hmotu, energii, informace, kompetence, software, nástroje, pracovní síly atd. Některé zdroje jsou během funkce vyčerpány a jiné ne. Rozlišujeme proto zdroj, který je během vykonání funkce vyčerpán a vykonávací podmínku (Execution Condition), která musí pouze existovat nebo být k dispozici po celou dobu provádění funkce.

Control/Řízení (C): Vstup, který dohlíží, reguluje a řídí vykonání funkce, aby dosáhla požadovaného výstupu. Řízení může představovat plány, rozvrhy, postupy, instrukce apod. Všechny funkce musí mít určitý druh řízení, buď zabudované v sobě nebo externí. Za externí můžeme považovat např. dopředu naplánované procedury, platné směrnice nebo očekávání managementu firmy. Za interní pak plánování práce, kdy si stanovíme, jak ji vykonáme.

Time/Čas (T): Může být použit ve většině činností. Z důvodu, že má schopnost mít mnoho podob, byl mu vyčleněn samostatný aspekt. Aspekt času představuje časová omezení funkce jako její spuštění, ukončení nebo délku trvání. Může být použit i pro nejdřívější a nejpozdější spuštění nebo ukončení funkce.

Krok 2 – Charakterizace variability:

Cílem druhého kroku je charakterizovat variabilitu, která vzniká uvnitř modelu. Zabývat by se měl jak každodenní – „normální“ – variabilitou tak potenciálními případy neobvyklé – „mimo rozsah“ – variability. Variabilita se měří na výstupu, který je shodný s variabilitou funkce. Měli bychom pro ni mít definované krajní hodnoty a sledovat, jak se k nim námi naměřená hodnota přibližuje. Pokud toto rozmezí překročí, bude následující funkce výrazně ovlivněna. Variabilita může mít zesilující účinek nebo naopak tlumící. Bývá způsobena třemi důvody nebo, jejich kombinacemi:

1) Vnitřní variabilita – výstup bude ovlivněn vnitřním chováním funkce
2) Vnější variabilita – měnící se pracovní prostředí neboli podmínky, za kterých je funkce vykonávána
3) V případě, že je output z předchozí funkce variabilní, vstupuje s touto variabilitou do funkce následující. Tento jev je základem funkční rezonance.

Při charakterizaci variability můžeme pro zpřehlednění a usnadnění rozlišovat mezi různými typy funkcí. Používají se převážně tři typy. V reálném prostředí lze však funkci přiřadit pouze jednomu typu velmi zřídka. Ve většině případů půjde o kombinaci typů, které jsou následující:[1]

Lidské (human) – jsou funkce vykonávány lidmi, buď jednotlivcem nebo skupinou. Důležité je rozpoznat, kdy je frekvence variability výkonosti vysoká a amplituda velká. Vysoká frekvence znamená, že se jejich výkon může změnit rapidně během chvíle. Vysoká amplituda značí velké rozdíly ve výkonu. Lidské funkce mají výhodu díky interakci s ostatními funkcemi, že dokážou relativně rychle reagovat na změny.

Technologické (technological) – jsou funkce prováděné různými typy strojů a přístrojů. Často zahrnuje nějaké druhy výpočetních systémů a informačních technologií, které jsou schopny pracovat s daty. Technologické funkce jsou navrhovány jako spolehlivé a velmi předvídatelné a počítá se, že v průběhu analýzy bude jejich variabilita měněna minimálně. Neznamená to ovšem, že variabilní být nemůže. Postupná degradace materiálu, následky okolních podmínek nebo neadekvátní údržba můžou způsobovat variabilitu. Jinak se ale předpokládá, že technologické funkce jsou stabilní.

Organizační (organizational) – jsou funkce vykonávány skupinou či skupinami lidí, jejichž činnost je jasně definovaná a organizovaná. Koordinují lidské funkce a požadují výsledky, kterých by neorganizovaná skupina těžko docílila. Při analýze je frekvence variability výkonosti většinou nízká, ale amplituda bývá velká. Organizační výkon se tak mění pomalu i díky setrvačnosti, rozdíly ve výkonu však bývají velké.

Následky variability výkonosti můžou být jednoduše popsány jako proměnnost výstupu z hlediska podmínek načasování a přesnosti. Výstup z funkce za podmínek přesnosti nabývá podob *přesný*, *přijatelný*, *nepřesný*. Pokud je jeho hodnota *přesný*, při vstupu do následující funkce nejenže nezvýší variabilitu, ale může jí případně i utlumit. Při hodnotě *přijatelný* už následující funkce požaduje určité přizpůsobení a může zvýšit její variabilitu. Hodnoty z kategorie *nepřesný* mohou variabilitu zvýšit znatelně.

V rámci podmínek načasování rozlišujeme čtyři různé kategorie – *příliš brzy*, *včas*, *příliš pozdě* a *vůbec*. Stejně jako u podmínek přesnosti, hodnota *včas* variabilitu nezvyšuje a naopak ji může utlumit, hodnoty *příliš brzy* a *příliš pozdě* variabilitu pravděpodobně zvýší a hodnota *vůbec* variabilitu zvyšuje hodně.

Krok 3 – Kombinace variabilit:

V tomto kroku se sleduje funkční rezonance. Ta vzniká díky kombinaci variabilit. Cílem je odhalení nepřijatelných či nečekaných výsledků. V závislosti na podmínkách přesnosti a načasování, se variabilita posiluje nebo utlumuje. V případě překročení mezních hodnot systém začíná rezonovat. Pokud systém rezonuje, znamená to, že sám o sobě již není schopný tlumit vznikající variabilitu.

Krok 4 – Analýza výsledku a řízení variability:

Posledním krokem je analýza výsledných hodnot a následná práce s nimi. Díky metodě FRAM můžeme v systému odhalit jeho problémové části. Proto je možné navrhnout způsoby, jak možné podmínky variability výkonosti, které by mohli vést k nepříznivým a nežádoucím výsledkům eliminovat a jak jim v budoucnu předcházet. V případě, kde nekontrolovaná variabilita působí na systém pozitivně je naopak v našem zájmu ji to usnadnit a případně ještě zlepšit výsledky bez ztráty kontroly nad systémem.

2.3.3 Fuzzy Logika

Klasická výroková logika využívá pouze dvě logické hodnoty (1 a 0), které označují pravdu a nepravdu. Fuzzy logika využívá celý interval <0,1> a logické výroky ohodnocuje mírou pravdivosti. Hodnot v intervalu je nekonečně mnoho. Ve fuzzy množinách mohou elementy patřit do více než jedné množiny a jejich pravdivost je udávána stupněm členství. Umožňuje tak pracovat s pojmy, které nemají pevné hranice. Dokáže také poměrně jednoduše pracovat s pojmy z přirozeného jazyka. Aplikace fuzzy logiky se skládá ze tří kroků:

1) Fuzzifikace
   Převádí reálné proměnné na data fuzzy množin s určitými atributy, jejichž vlastnosti definujeme na ose x. Taktéž v těchto množinách určuje stupeň členství, který je definován na ose y a má interval hodnot právě 0 - 1. Zařazení do třídy je určeno křivkou, tzv. funkcí členství („membership function“), která může mít několik podob, včetně trojúhelníkových, polynomiálních, bellových a Gaussových křivek a jejich modifikací. [7]
2) Inference
   Ve druhém kroku se charakterizují vztahy mezi vstupy a výstupy. Po převedení hodnot na fuzzy data a definování jejich rozsahů je třeba vygenerovat pravidla. Ta jsou srozumitelná, protože jsou psána v nám přirozeném jazyce.
   Srozumitelnost je nám umožněna použitím tzv. IF-THEN neboli „pokud-tak“ pravidel. V případě více vstupů, lze pravidly vyjádřit i jejich kombinace. Pro větší přesnost můžou být pravidlům přiřazeny váhy podle významu a vlivu na výstup.

Metoda výpočtu závisí na vybraném fuzzy operátoru (AND, OR, NOT), které se ale liší od těch klasických logických. Získané implikace jsou dále agregovány, abychom získali jednu hodnotu. K tomu se používají hlavně dvě metody, a to maximální a sumační. V případě metody maximální dochází ke shromažďování nejvyšších oblastí, zatímco metodou sumace se oblasti sčítají. [7]

3) Defuzzifikace

   Posledním krokem je transformace hodnot zpátky na reálné proměnné. Přeměňuje tedy fuzzy výstupy na ostré hodnoty a v závislosti na charakteristice požadovaného výstupu se vybere metoda pro defuzzifikaci. Nejčastěji se používají principy maxima nebo těžiště výsledné fuzzy množiny.

3 Tvorba modelu

3.1 Aplikace FRAMu

Dříve již byla zmíněna metoda FRAM, která se používá pro vyhodnocování systémů. Analýza v této práci je postavena právě na zmíněné metodě. Pro aplikaci FRAMu jsou stále vypracovávány nové postupy, které rozšiřují konceptuální jádro metody FRAM o praktické způsoby, jak tuto metodu propojit s daty z reálných systémů. Jedním ze zvažovaných postupů byla např. studie R. Patriarcy, který k odhalení slabých míst v systému používá přístup založený na simulaci Monte Carlo. [6] Jelikož se tato práce zabývá hodnocením systému o kterém byly sbírány data z reálného provozu, rozšíření dle R. Patriarcy s využitím generování pseudonáhodných čísel nebylo vhodné. [6] Naopak jako vhodné se jevilo použití fuzzy logiky na FRAM, byl proto nakonec vybrán postup H. Slima, který se právě touto problematikou zabývá. Jeho postup je pro první dva kroky shodný s obecným postupem FRAMu. Další kroky pro hledání slabých míst v systému však uzpůsobuje právě pro kombinaci FRAMu s fuzzy logikou. [7]

Modelování v této práci je zaměřeno na odbavovací proces na konkrétním mezinárodním letišti. Pro jiná letiště může být posloupnost úkonů odlišná, proto zde vytvořený model je unikátní. Dále se modelování z praktických zaměřuje pouze na činnosti vykonávané na stojánce. Činnosti, které se dějí mimo stojánku tedy nejsou předmětem analýzy.

Krok 0 – Stanovení cíle:

Nultým krokem je tedy určit záměr analýzy. V případě této práce je to proaktivní způsob analýzy a bude posuzována bezpečnost a výkonost procesu pozemního odbavení letadel. Pokusím se tedy pomocí několika měření odhalit, zda má systém za určitých podmínek nějaká slabá místa a navrhnout případné řešení, které by je mohlo eliminovat. Měření byla realizována na mezinárodním letišti. Záměrem měření bylo zjistit, jak probíhá každodenní provoz a vykonávání jednotlivých úkonů. Za jakých okolních podmínek pracovníci fungují a co mohou být případné faktory, které jim práci nedovolují vykonávat tak, jak by se mělo. Výsledkem by pak mohlo být odhalení případných slabých míst systému. Měření bude detailněji popsáno u aplikace na konkrétní případy.

Krok 1 – Identifikace a popis funkcí:

V prvním kroku je třeba identifikovat funkce, které popisují jednotlivé výkony. Dále jejich aspekty vstupů, výstupy, jejich vzájemné propojení a z nich vyplývající vazby. Výstup z některé funkce tak může být např. podmínkou pro spuštění jiné funkce nebo ji může

řídit. Pro grafické zobrazení je použit program FRAM Model Visualiser (FMV)[1], v jehož prostředí lze navrhovat a detailně popisovat modely systémů.

3.1.1 Abstrakční hierarchie

Jelikož proces odbavení obsahuje relativně velké množství úkonů, jsou tyto úkony také popisovány velkým množstvím funkcí. Při detailním popisu každé z nich by došlo k získání přílišného množství veličin, které by značně ztížily následný výpočet. Pro jejich popis jsou tedy zavedeny jednotlivé rozlišovací úrovně. Abstrakční hierarchií dochází v systému k rozdělení do dvou dimenzí. První dimenze představuje úroveň dekompozice a druhá dimenze abstrakci. Úroveň dekompozice (na horizontální ose) je určena pěti podúrovněmi – celý systém, podsystémy, funkční jednotky, podsestavy a komponenty. Na vertikální ose je dimenze abstrakce. Ta určuje jednu z pěti možných rozlišovacích úrovní – funkční účel, abstraktní funkce, generalizovaná funkce, fyzická funkce a fyzická forma. [6]

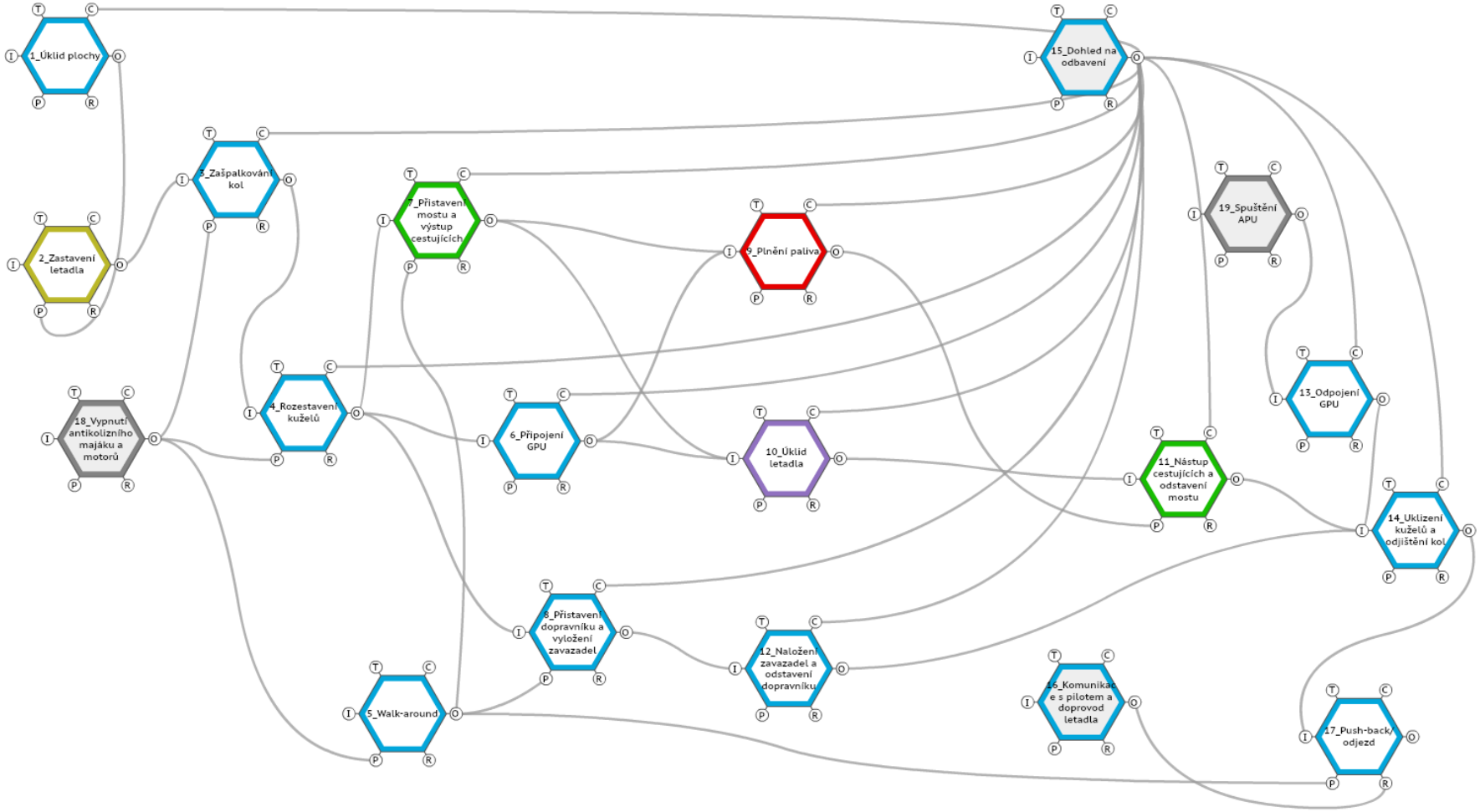
Pro modely FRAM však toto rozdělení není úplně vhodné. Při dekompozici může docházet k zanedbání vazeb mezi jednotlivými funkcemi a tím pádem se stane neefektivní. Dimenzi dekompozice proto nahrazuje dimenze agentů, zatímco dimenze abstrakce je zachována. Agenti můžou reprezentovat skupiny pracovníků nebo jednotlivce, různé organizace, vybavení, manažery atd. Počet agentů závisí na vlastnostech systému a záměru analýzy. Vzhledem k odlišným povahám agentů a účelu analýzy nemusí být brány v úvahu všichni agenti na všech úrovních abstrakce.

3.1.2 Popis funkcí

Povaha FRAMu a abstrakční hierarchie umožňuje popsání modelu na nižší rozlišovací úrovni, kdy tento popis platí i pro úrovně vyšší. Pro potřeby analýzy je tedy možno model tímto způsobem zjednodušit, avšak ne trivializovat. Převedením na jinou rozlišovací úroveň se nepřipravíme o kritické informace, které bychom mohli později postrádat. Dostaneme ale jednodušší a přehlednější model popisovaného systému.

Použitím abstrakční hierarchie bylo docíleno zobrazení modelu na úrovni, která je dostatečně detailní pro zamýšlenou analýzu. Zvolená rozlišovací úroveň přibližně odpovídá úrovni generalizovaných funkcí. Celkem tedy bylo získáno 19 funkcí ve kterých figuruje 5 agentů. Ti jsou rozděleni podle funkcí, které jako organizace vykonávají. Pro lepší přehlednost jsou názvy funkcí psány s velkými počátečními písmeny a aspekty funkcí s malými počátečními písmeny. V textu jsou dále zvýrazněné kurzívou.

[1] HILL, Rees. FRAM Model Visualiser 0.4.1. [software]. Dostupné z: http://functionalresonance.com/ FMV/index.html



Obrázek 1 - Funkční model FRAM

Před příletem letadla musí být stojánka kontrolována a případně zbavena všech cizích předmětů. Pokud by se zde nacházel nějaký cizí předmět, může dojít k nasátí do motoru a jeho následnému poškození, nebo k přejetí předmětu a poškození pneumatiky kola. Obě tyto závady by mohly způsobit značné škody, finanční ztráty a zdržení letu. Proto je první definovanou funkcí *Úklid plochy*. Poté, co má pilot připravené místo pro *Zastavení letadla,* může tak učinit. Veškerá technika a pracovníci musí být v tento moment mimo vyznačenou zónu. Přiblížit se mohou až po V*ypnutí antikolizního majáku a motorů*. Tento model tedy nepočítá s možností, že letadlo na stojánce zastaví s nefunkční pomocnou motorovou jednotkou (APU). Jedná se o mimořádný případ, který se nerealizuje často a model by zbytečně komplikoval. Ramp Agent dává pokyn pro započetí odbavovacího procesu a vydává se na první tzv. *Walk-around* kontrolu, kde zkontroluje, zda nedošlo za letu nebo i dříve k nějakému mechanickému poškození letadla. Pracovník, který má za úkol *Zašpalkování kol*, tak učiní a další pracovníci se postarají o *Rozestavení kuželů* pod konce křídel letadla a před motory. Těmito úkony bude letadlo zajištěno proti nežádoucímu pohybu. Rozestavené kužely pak slouží pro snížení rizika nárazu do citlivých částí letadla při manipulaci s větší technikou. Ramp Agent dokončí *Walk-around* a pokud vyhodnotí, že je letadlo v pořádku, může začít další část odbavení. Pracovník letiště má na starost *Přistavení mostu a výstup cestujících*, v případě, kdy není použit most probíhá funkce stejně, avšak se schody. Dále dochází k *Připojení GPU*, což je pozemní zdroj energie. Po výstupu cestujících se dvě externí firmy postarají o *Plnění paliva* a *Úklid letadla*. Dokud nejsou tyto dvě funkce realizovány, cestující by se neměli do letadla dostat. Přibližně ve stejném čase jako probíhá výstup cestujících je vykonávána také funkce *Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel.* V případě malých letadel, kde je možné vyložit zavazadla, případně se do nákladního prostoru dostat ze země, pásový dopravník používán není.

Po doplnění paliva a úklidu letadla mohou noví cestující zase nastoupit. Po nástupu dojde k odstavení zařízení k tomu určeného. To je znázorněno funkcí *Nástup cestujících a odstavení mostu*. Podobně je na tom i funkce *Naložení zavazadel a odstavení dopravníku*. Poté, co pilot spustí APU, dochází k *Odpojení GPU*, *Uklizení kuželů a odjištění kol*. Ramp Agent po celou dobu práce také provádí *Dohled na odbavení.* Po dokončení všech těchto úkonů se vydává na druhý *Walk-around*. V případě potřeby je k letadlu připojen vozidlo push-backu. Pokud letadlo stojí na stojánce odlehlé, push-back nemusí být potřeba. Tato funkce je znázorněna jako *Push-back/odtlačení*. Mezitím se Ramp Agent spojí s posádkou letadla připojením sluchátek. Provádí pak funkci *komunikace s pilotem a doprovod letadla*. Další aktivity, které se dějí mimo stojánku, jako pohyb po ploše letiště, případný de-icing atd. již zkoumány nejsou. V rámci

odbavení může také dojít k doplňování cateringu a užitkové vody. Zda k tomu dojde závisí na konkrétní letecké společnosti a jejím naplánování těchto aktivit. V mých měřeních se tyto aktivity objevily pouze v jednom případě a nebyly proto do modelu zahrnuty z důvodu zachování jednoduchosti. Ve výpočtu jsou ale brány v potaz.

Pomocí abstrakční hierarchie bylo možné rozdělit systém do pěti kategorií agentů. První a největší kategorií je handlingová společnost, která se stará o většinu aktivit odbavení v rámci stojánky. Tato kategorie je označená modrou barvou a celkem obsahuje dvanáct funkcí. Druhou kategorií je letadlo. Sem jsou zahrnuty veškeré funkce, které má ve své režii pilot letadla. V tomto případě se jedná o tři funkce. V modelu je zobrazena žlutou barvou. Další kategorií je Letiště. Jedná se o funkce, které vykonávají pracovníci letiště. Označena je zelenou barvou a zastupuje dvě funkce. Další dvě kategorie jsou si podobné, protože obě jsou brány jako externí společnosti a v modelu vykonají pouze jednu svou funkci a dále tu nefigurují. Červenou barvou je označena externí společnost, která se stará o plnění paliva. Fialovou je označena společnost, která se stará o úklid vnitřku letadla.

Tabulka 1 - Rozdělení funkcí podle agentů

Agent	Název funkce	#
Handling	Úklid plochy	1
	Zašpalkování kol	3
	Rozestavení kuželů	4
	Walk-around	5
	Připojení GPU	6
	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	8
	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	12
	Odpojení GPU	13
	Uklizení kuželů a odjištění kol	14
	Dohled na odbavení	15
	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	16
	Push-back/odjezd	17
Letadlo	Vypnutí antikolizního majáku a motorů	18
	Spuštění APU	19
	Zastavení letadla	2
Letiště	Přistavení mostu a výstup cestujících	7
	Nástup cestujících a odstavení mostu	11
Externí společnost pro čerpání paliva	Plnění paliva	9
Externí společnost pro úklid	Úklid letadla	10

3.1.3 Popis funkčních aspektů a funkčních vazeb

Jak již bylo zmíněno výše, ještě než letadlo dorazí, musí být stojánka zkontrolována. Proto je definována funkce *Úklid plochy.* Tato funkce je vykonávána modrým agentem, což je handlingová společnost. Konkrétně se o provedení stará Ramp Agent. Tato funkce má jeden vstupní aspekt a tím jsou *instrukce* z funkce *dohled na odbavení*. Výstupem je pak *plocha uklizena*, který slouží jako podmínka pro funkci *zastavení letadla*. Nemusí tedy mít aspekt vstupu, protože může být vykonána kdykoliv před příjezdem letadla na stojánku.

Druhou funkcí je pilotův příjezd a následné *Zastavení letadla* na stojánce. V tomto modelu také není definovaný aspekt vstup, protože funkce je spuštěna příjezdem letadla na stojánku a ne něčím, co je řízeno přímo na stojánce. Vstupní aspekt má ale podmínky, kdy musí být *plocha uklizena*. Jejím výstupem je *letadlo zastaveno*. Funkce je vykonávána žlutým agentem, což je v tomto případě pilot.

Vypnutí antikolizního majáku a motorů je další funkce v pořadí. Tato funkce má však v modelu pořadové číslo osmnáct. Je to z důvodu, že se jedná o typ funkce tzv. podpůrné, které byly v tabulce umístěny až na konec a v modelu jsou označeny šedou barvou, i když ji vykonává žlutý agent. To znamená, že se jedná pouze o funkci spouštějící další aktivity a její výstup není předmětem analýzy. Výstup z této funkce je *maják a motory vypnuty*. Funkce je považována za stabilní a její číselný výstup nebude mít vliv na variabilitu následujících funkcí. Její výstup slouží jako podmínka pro spuštění funkcí *Zašpalkování kol, Rozestavení kuželů* a *Walk-around*.

Výstup z funkce *Vypnutí antikolizního majáku a motorů*, *maják a motory vypnuty* slouží ve funkci *Zašpalkování kol* jako podmínka pro spuštění. Funkce je ovšem spuštěna výstupem z funkce předcházející, a to *letadlo zastaveno*. Dalším vstupujícím aspektem je vazba *instrukce*, která zde zastává aspekt řízení. Výstupem je pak *kola založena.* Vykonávána je modrým agentem.

Funkce s číslem čtyři *Rozestavení kuželů* je spuštěna vstupem *kola založena*. Také je řízena pomocí funkční vazby *instrukce* a podmínkou pro její spuštění je taktéž *maják a motory vypnuty.* Výstupem je *kužely rozestaveny* a vykonává ji modrý agent.

Pátou funkcí je *Walk-around*. Tuto funkci plní taktéž modrý agent, ale v tomto případě nepotřebuje řízení z funkce patnáct, protože ji vykonává Ramp agent. Podmínkou pro spuštění je *maják a motory vypnuty*. Její výstup poté slouží jako podmínka pro funkce *Přistavení mostu a výstup cestujících* a *Přistavení dopravníku a vyložení zavazadel* při první obchůzce. Při druhé je podmínkou pro funkci *Push-back/odjezd*.

Funkce *Připojení GPU* je spuštěna po vstupu *kužely rozestaveny* a řízením jsou opět *instrukce*. Výstupem z funkce je *zdroj připojen*, který je použit jako vstup do dvou následujících funkcí. Vykonávána je modrým agentem.

Funkcí s číslem sedm je *Přistavení mostu a výstup cestujících*. Spouštěna je vstupem *zdroj připojen*, aspekt řízení je *instrukce* a aspekt podmínky je *letadlo OK* z funkce *Walk-around*. Jejím výstupem, který spouští další dvě funkce je *cestující vystoupili.* Funkci vykonává zelený agent.

Osmou funkcí je *Přistavení dopravníku a vyložení zavazadel.* Spouští jí výstup z předcházející funkce, který je zde vstupem *zdroj připojen*. Jako v případě sedmé funkce i zde probíhá aspekt řízení pomocí *instrukce* z funkce *Dohled na odbavení*, podmínkou je zde také *letadlo OK*. Funkce je vykonávána modrým agentem.

Funkce *Plnění paliva* je označena číslem devět. Tankování paliva může probíhat pouze v případě, kdy v letadle nejsou cestující. Ke spuštění funkce tedy dochází výstupy z předcházejících funkcí, konkrétně *cestující vystoupili* a *GPU připojeno*. Aspektem řízení je *instrukce*. Funkce má výstup *palivo natankováno* a ten je dále použit jako podmínka do funkce číslo jedenáct. Vykonávána je červeným agentem.

Desátá funkce je *Úklid letadla*. Tato funkce v podstatě probíhá současně s funkcí *Plnění paliva* a má i stejné vstupy *cestující vystoupili* a *GPU připojeno*, aspekt řízení je *instrukce*. Výstupem je stav *letadlo uklizeno*, který později spouští funkci N*ástup cestujících a odstavení mostu.* Funkci vykonává fialový agent.

Další funkcí je *Nástup cestujících a odstavení mostu*. Pro její spuštění je použit vstup *letadlo uklizeno* a podmínkou pro spuštění je v tomto případě *palivo natankováno*. Aspekt řízení je opět zastoupen jako *instrukce*. Výstupem z této funkce je stav *cestující nastoupili.* O vykonání funkce se stará zelený agent.

Cestující sebou většinou mívají zavazadla, proto další funkcí je *Naložení zavazadel a odstavení dopravníku*. Funkce je spuštěna vstupem *zavazadla naložena*. Funkce *Dohled na odbavení* poskytuje výstup, který i zde má podobu aspektu řízení, *instrukce*. Po vykonání funkce je k dispozici výstup *zavazadla naložena*. Tuto funkci vykonává modrý agent a má číslo dvanáct.

Další funkce, která nastane v chronologické časové posloupnosti je *Spuštění APU*. Pořadové číslo má však devatenáct. Je to zapříčiněno tím, že se opět jedná o podpůrnou funkci, která je zde přítomna pouze jako spouštěč funkce následující. Její výstup je tedy *APU spuštěno* a vstupuje do funkce *Odpojení GPU*. I když ji vykonává žlutý agent, je v modelu označena šedou barvou.

Funkce s číslem třináct se nazývá *Odpojení GPU*. K jejímu spuštění dochází vstupem *APU spuštěno*. Aspekt řízení zde opět zastávají *instrukce* z funkce *Dohled na odbavení*. Její vykonání má na starost modrý agent.

Čtrnáctou funkcí je *Uklizení kuželů a odjištění kol*. Tato funkce má dva vstupy, a to *zavazadla naložena* a *GPU odpojeno*. Jako poslední z tohoto seznamu má aspekt řízení *instrukce*. Výstupem z funkce je pak stav *kola uvolněna*. Funkci vykonává modrý agent.

Funkce *Dohled na odbavení* nemá žádný vstup ani jiný vstupní aspekt. Znamená tedy, že nemá stanovené spuštění. Její výstup *instrukce* však vstupuje do ostatních funkcí jako aspekt řízení. Řízených funkcí tímto výstupem je celkem dvanáct a jsou jimi tedy: *Úklid plochy, Zašpalkování kol, Rozestavení kuželů, Připojení GPU, Přistavení mostu a výstup cestujících, Přistavení dopravníku a vyložení zavazadel, Plnění paliva, Úklid letadla, Nástup cestujících a odstavení mostu, Naložení zavazadel a odstavení dopravníku, Odpojení GPU* a *Uklizení kuželů a odjištění kol.* Tato funkce je vykonávána modrým agentem, a to konkrétně Ramp agentem.

Aspektem podmínka pro sedmnáctou funkci *Push-back/odjezd* je dokončení druhé obchůzky letadla Ramp agentem, respektive funkcí *Walk-around*, tedy výstup *Letadlo Ok.* Aspektem vstupu je *kola uvolněna* a *cestující nastoupeni*. V této funkci je také přítomnost aspektu zdroj, který do funkce vstupuje jako *doprovod*. Vykonává ji modrý agent. Tato funkce je chronologicky poslední, protože funkce, které by po ní mohly teoreticky následovat jako např. pojíždění, de-icing atd. se již nedějí na této stojánce. Funkce proto nemá definovaný žádný výstup, to ale neznamená, že pro ni neexistuje. Výstup z této funkce již nevstupuje do žádné další. Jeho hodnota nás v části s aplikací na konkrétní případy ale zajímá, protože bude udávat kvalitu provedení funkce.

Poslední číselně ohodnocená funkce má číslo šestnáct. Tou je *Komunikace s pilotem a doprovod letadla*. Funkce nemá definovaný žádný vstup ani jiný vstupní aspekt. Tuto funkci provádí Ramp Agent, takže nepotřebuje ani vstupní aspekt řízení. Má ale definovaný výstup *doprovod*. Ten pak vstupuje do funkce *Push-back/odjezd* jako aspekt zdroj. Funkci vykonává modrý agent.

Krok 2 – Charakterizace variabilit

Ve druhém kroku je potřeba charakterizovat variabilitu výkonosti. Budou rozlišovány dva typy variability. Variabilita vnitřní a variabilita vnější. Vnitřní variabilita vyplývá z dotyčné funkce a závisí na charakteristice funkce a její povaze. Jinými slovy, jakým způsobem je funkce vykonána. Vnější variabilita se pak do funkce dostává jako vstup, pomocí funkčních vazeb z ostatních funkcí. Funkční vazby tedy popisují vztahy mezi funkcemi a znázorňují možný dopad funkce předcházející na funkci následující. Nelze však jasně

znázornit, jakým způsobem vnitřní variabilita ovlivňuje kvalitu výstupu z funkce. Proto zavádíme faktor interní variability (IVF). [7] Ten znázorňuje interní variabilitu pro každou funkci. IVF odpovídá potenciálu pro vyprodukování variability v případě ovlivnění za přítomných výkonnostních podmínek. Pro vypočítání numerického outputu z funkce budou zavedeny běžné výkonnostní podmínky (CPC). [4] [7]

Dříve bylo zmíněno také rozdělení funkcí podle MTO (Human, Technical, Organizational). V této analýze jsou všechny funkce lidského typu. Jedinými dvěma výjimkami jsou funkce podpůrné. K tomuto rozdělení dochází z důvodu, protože ne všechny běžné výkonnostní podmínky ovlivňují všechny typy funkcí. CPC je použito celkem jedenáct a jejich rozdělení podle typů ovlivňovaných funkcí je v tabulce. Křížkem je vždy označeno, které CPC ovlivňuje, jaký typ funkce a pod tabulkou jsou podle čísel rozepsány. [4] [7]

Tabulka 2 - Běžné výkonostní podmínky a jejích vliv na různé typy funkcí

#	CPC	Lidské	Technologické	Organizační
1	Dostupnost zdrojů	X	X	
2	Vyškolenost a zkušenosti (kompetence)	X		
3	Kvalita komunikace	X	X	
4	HMI a provozní podpora		X	
5	Dostupnost plánů a postupů	X		
6	Pracovní podmínky		X	X
7	Počet úkolů a řešení konfliktů	X		X
8	Dostupný čas a časový tlak	X		
9	Cirkadiální rytmus a stres	X		
10	Kvalita týmové spolupráce	X		
11	Kvalita a podpora organizace			X

1) Dostupnost zdrojů. Pro stabilní výkon jsou nezbytné odpovídající zdroje, jejich nedostatek zvyšuje variabilitu. Zdroje zahrnují především personál, vybavení a materiál.
2) Vyškolenost a zkušenosti (kompetence). Úroveň a kvalita výcviku spolu s provozní zkušeností přímo ovlivňují variabilitu výkonosti.
3) Kvalita komunikace, ve smyslu dodržování přesnosti a včasnosti. To se týká jak technologických aspektů, tak lidských nebo sociálních.
4) HMI a provozní podpora. Týká se obecně interakce člověk/stroj (HMI – Human/Machine Interaction), včetně návrhu rozhraní a různých forem provozní podpory.

5) Dostupnost plánů a postupů. Postupy, plány a rutinní vzorce se používají jako referenční ukazatele pro běžné činnosti v praxi.
6) Pracovní podmínky. Osvětlení, hluk, teplota, návrh pracoviště a podobně.
7) Počet úkolů a řešení konfliktů. Počet úkolů, které musí osoba běžně plnit a pravidla nebo kritéria pro řešení konfliktů.
8) Dostupný čas a časový tlak. Hlavním zdrojem psychického stresu u lidí, vedoucího ke snížení kvality výkonnosti může být právě nedostatek času.
9) Cirkadiální rytmus a stres. Zda je osoba přizpůsobena aktuálnímu času. Nedostatek spánku nebo časová různorodost při práci může vážně narušovat výkonnost.
10) Kvalita týmové spolupráce. Jak jsou členové týmu schopni spolupracovat, a to i mezi oficiálními a neoficiálními strukturami. Dále úroveň důvěry mezi členy a obecné sociální prostředí.
11) Kvalita a podpora organizace. Zahrnuje kvalitu rozdělení rolí a odpovědnost členů týmu, kulturu bezpečnosti, role externích agentur a pokyny pro externě orientované činnosti.

Každé CPC nabývá hodnoty ze tříd *adekvátní* nebo *neadekvátní*. Pro přiřazení ohodnocení kvality každého faktoru je použita číselná škála od nuly do deseti, kde 0 označuje naprosto neadekvátní podmínky pro provedení a deset maximálně adekvátní. IVF je poté vypočítáno jako vnitřní funkce. Dochází k zisku číselného výstupu provedení funkce jako výsledku kvality přítomných CPC. Rozsah následně vygenerovaných výsledků IVF bude mezi 0 a 1,5. Hodnoty od 0 do 1 značí negativní variabilitu funkce, která nepříznivě ovlivňuje vykonání funkce. Hodnoty od 1 do 1,5 pak variabilitu naopak utlumují a mají na výkon funkce pozitivní dopad.

Na IVF lze nahlížet jako na šestý aspekt, který vstupuje do funkce. Ten je následně fuzzifikován s ostatními pěti pro získání číselného výsledku z funkce. Tento výsledek označuje kvalitu výstupu funkce. Do něj je započítána vnitřní a vnější variabilita, která se přenáší pomocí funkčních vazeb a která je postupně nakumulována z předcházejících funkcí. Úlohou běžných výkonnostních podmínek je zobrazit vliv kontextu na výkon. Kontextem je v tomto případě myšleno prostředí, kde dochází k výkonu funkce, emoční rozpoložení pracovníků, jejich přístup k práci, vědomosti, fyzická zdatnost atd. Jejich cílem je předvídat potenciální zdroje variabilit, vycházející zevnitř funkcí. [7]

Podpůrné funkce vnitřní variabilitu nemají. Respektive spíš nejsou zajímavé, protože nejsou předmětem analýzy. Je s nimi tedy počítáno jako se stabilními funkcemi, což

znamená, že číselný výstup z nich bude 1. Zkoumané funkce, které jsou přímo funkcemi následujícími, dostanou tedy z podpůrných funkcí stabilní vstup.

Výstupy funkcí jsou rozděleny do tří tříd podle klasifikační metody, jejímž autorem je Luigi Macchi. [4] Dochází zde ke kombinaci charakteristik přesnosti a načasování. Toto kombinování poskytuje devět možných tříd pro kvalitu výstupů. Rozděleny jsou podle toho, jestli variabilitu zvyšují nebo utlumují. Prvních pět tříd bylo označeno jako utlumujících variabilitu a další čtyři jako variabilitu posilující. Z důvodu přílišné složitosti a vysokého množství pravidel používaných pro dosažení jednotlivých tříd a celkové nepraktičnosti je potřeba toto rozdělení značně zjednodušit. Jelikož je stále vyžadována vysoká přesnost a vykonání všech funkcí tak dobře, jak to jen jde, dochází ke spojení veškerých tříd, které variabilitu utlumují ve třídu *„nevariabilní“*. Hodnoty třídy *nevariabilní* jsou tedy považovány za hodnoty s pozitivním nebo neutrálním vlivem. Hodnoty s nízkou nebo střední variabilitou jsou klasifikovány jako *„variabilní“*. Hodnota normy je 1, hodnoty třídy *variabilní* již od této normy mají negativní odchylku. Hodnoty výstupu s vysokou variabilitou jsou označeny jako *„vysoce variabilní“.* Tyto hodnoty mají větší negativní vliv.

Jelikož jsou jednotlivými výstupy poskytovány přesné číselné hodnoty, tak toto zjednodušení není problémem a může být použito pro interpretaci kvality výstupu.

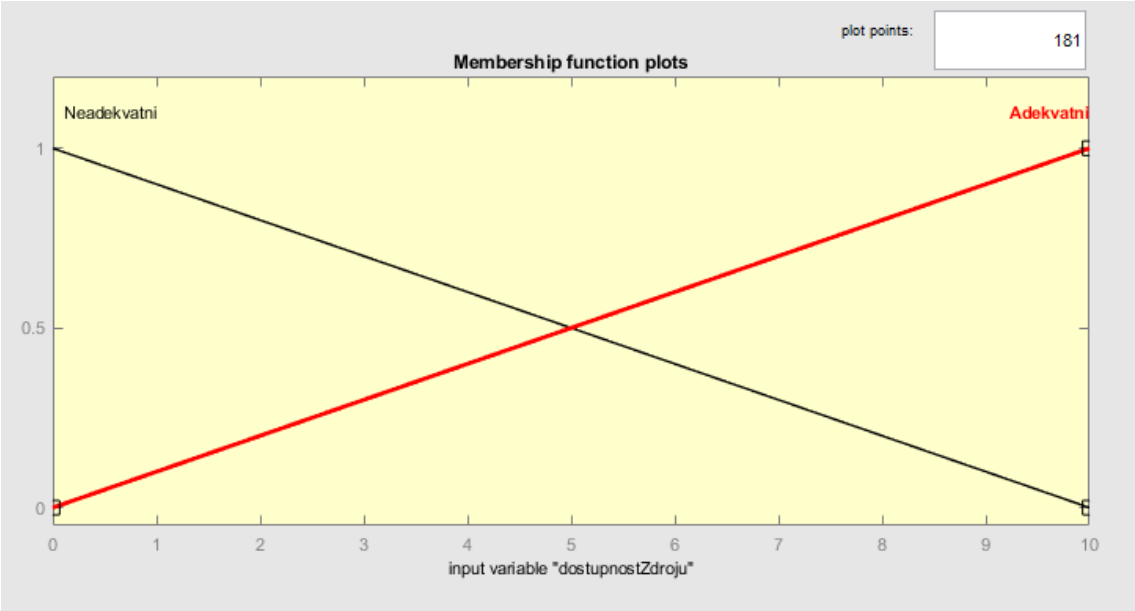
Pro výpočet faktoru interní variability je použit program MATLAB a jeho aplikace Fuzzy Logic Designer[2], ve které lze navrhovat a testovat systémy používající fuzzy logiku pro zjištění jejich chování. Zvolit lze jeden ze dvou variant modelu odvozování. Na výběr je model Mamdani nebo Sugeno. Pro potřeby této analýzy je použit model Mamdani, jelikož je vhodnější pro zpracování reálných znalostí a generování fuzzy systémů založených na pravidlech. Také je intuitivnější a více uzpůsobený pro lidské vstupy. Model Sugeno je vhodný spíše pro přesné matematické analýzy. [7]

Dříve již bylo popsáno rozdělení funkcí podle jejich typu a které typy běžných pracovních podmínek je ovlivňují. CPC jsou tedy číselně kvalitativně ohodnoceny a každé CPC je vstupem do fuzzy systému. Tím je hodnota každého CPC převedena do příslušné třídy neboli fuzzy setu. Definování tříd probíhá pomocí vymezení křivek označujících stupeň členství.

Prvním krokem je fuzzifikace. Pro vstupy jsou definované dvě křivky, každá pro jednu z tříd *adekvátní* nebo *neadekvátní.* Protože CPC můžou nabývat hodnot 0-10, je zvolen

[2] The Mathworks Inc., Matlab, R2018a [software], 2018 Dostupné z: https://www.mathworks.com/

i takový rozsah. Křivka určující faktor adekvátních podmínek je zvolena jako typ *trimf* s parametry [0 10 10]. Má proto tvar úsečky začínající v hodnotě 0 se stupněm členství 0 a končící v hodnotě 10 se stupněm členství 1. Křivka určující faktor neadekvátních podmínek je zrcadlově otočená. Její parametry jsou [0 10 10]. V hodnotě 0 má tedy stupeň členství 1 a v hodnotě 10 je její stupeň členství 1. V hodnotě 5 se navzájem křižují. Tímto je zajištěno, že pokud např. podmínce chybí část adekvátnosti, tak je tato část obsažena neadekvátností.



Obrázek 2 – Definované křivky členství pro hodnoty CPC

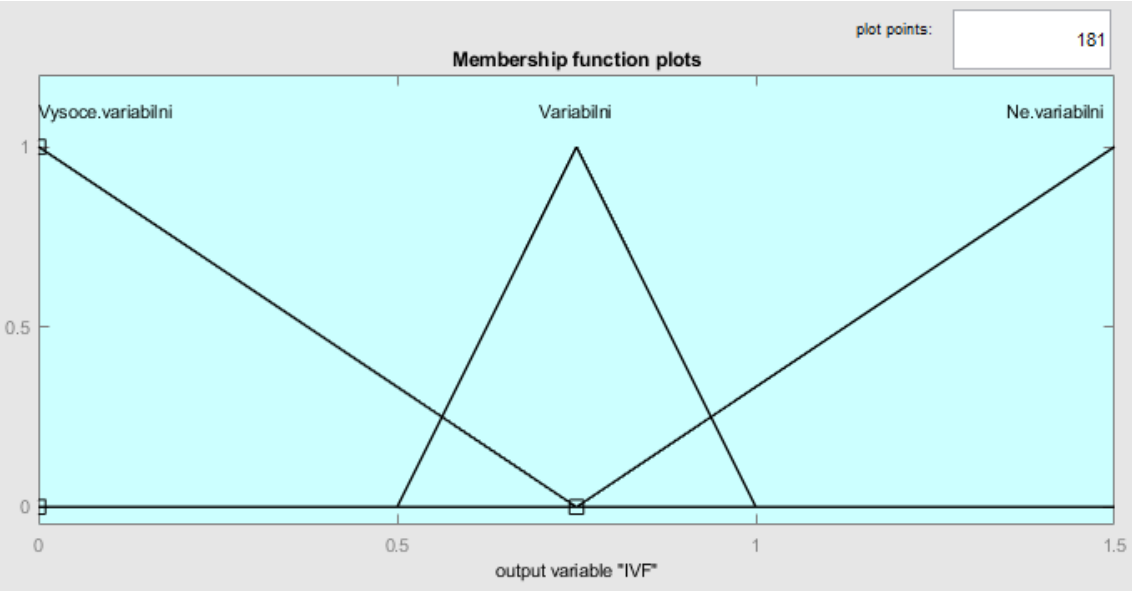
Druhým krokem je charakterizace vztahu mezi vstupy a výstupy neboli inference. To probíhá pomocí pravidel, která jsou určena podmínkami. Jejich generování je složitý proces a musí zde být zahrnuty všechny možné kombinace. Jejich počet se dá zjistit jako počet vstupů na počet možných hodnot vstupu. V tomto případě tedy 2^8, což dává celkem 256 pravidel. Pro výpočet IVF mi byla tato pravidla poskytnuta H. Slimem. Pomocí teorie hrubých množin pak ještě zredukoval tak jejich počet na 154. [8] Jejich generování probíhalo nejdříve pomocí slovních proměnných. Těm pak byly přiřazeny číselné ekvivalenty a došlo k upravení jejich syntaxe pro MATLAB. Se správnou syntaxí jsou pak vloženy do editoru fuzzy systému a následně se promítnou i v aplikaci. Jelikož se jednalo o kombinace pravidel, byl pro všechna použit fuzzy operátor AND. [7]

Každé pravidlo je vyhodnoceno a tím je získána jeho implikace. Všechny implikace jsou potom agregovány metodou maxima, která shromáždí nejvyšší oblasti fuzzy množin implikací. Tím se získá výsledná implikace.

Posledním krokem je defuzzifikace, což znamená převedení fuzzy množiny zpět na reálnou proměnnou, podle zvolené metody. V tomto případě je zvolen centroid neboli

metoda těžiště, protože nejlépe zachycuje nakombinováni pravidel. Deffuzifikace je vypočítána z výsledné implikace a vrací číselnou hodnotu.

Číselné vstupy se zadávají v okně, kde jsou vykreslena pravidla. Po zadání se automaticky přepočítají podle zadaných hodnot a dojde k získání číselného výstupu. K výpočtu dochází pomocí výše popsaných postupů. Výstupem je tedy hodnota IVF počítané funkce.

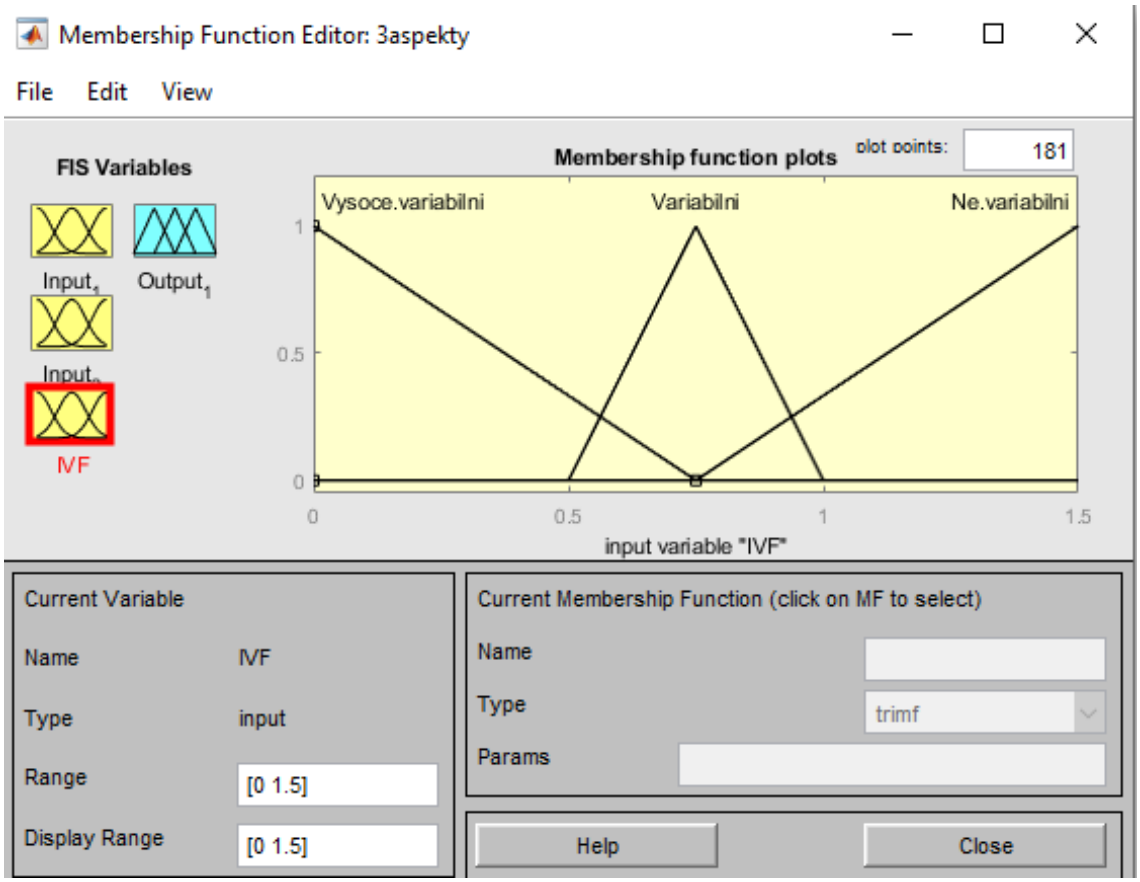


Obrázek 3 - Definované křivky členství pro IVF

Třídy výstupu jsou stejně jako u vstupů znázorněny křivkami. Definovány jsou zde tři třídy a tím pádem tři funkce členství. Výstup nabývá hodnot od 0 do 1,5 a takový je i rozsah proměnné. První křivka určuje třídu *vysoce variabilní.* Její parametry jsou [0 0 0.75]. Začíná v hodnotě 0 se stupněm členství 1, postupuje do hodnoty 0,75 se stupněm členství 0 a zde se láme a s tímto stupněm členství pokračuje dál až do hodnoty 1,5. Křivka určující třídu *nevariabilní* je opět zrcadlově. Její parametry jsou [0.75 1.5 1.5]. Začíná tedy v hodnotě 0 se stupněm členství 0 a má tuto podobu až do hodnoty 0,75. V této hodnotě začíná stoupat a končí v 1,5 se stupněm členství 1. Křivka pro třídu *variabilní* má trojúhelníkový tvar a její parametry jsou [0.5 0.75 1]. Stupeň členství je 0 pro hodnoty od 0 do 0,5 a pro hodnoty od 1 do 1,5. Mezi těmito hodnotami vykresluje trojúhelník a v hodnotě 0.75 má stupeň členství 1.

Krok 3 – Kombinace variabilit:

Cílem třetího kroku je určit variabilitu výstupů funkcí a funkční rezonanci. Stejně jako v kroku předchozím, k získání výsledků použijeme fuzzy logiku a aplikaci MATLABu – Fuzzy Logic designer. V druhém kroku bylo popsáno získání faktoru interní variability. Každá funkce tento faktor obsahuje. Může také mít více aspektů vstupu. Každý tento aspekt bude fuzzifikován společně s IVF. Jelikož existuje několik variant počtu vstupujících aspektů, je zapotřebí vytvořit systém pro ohodnocení každé varianty.

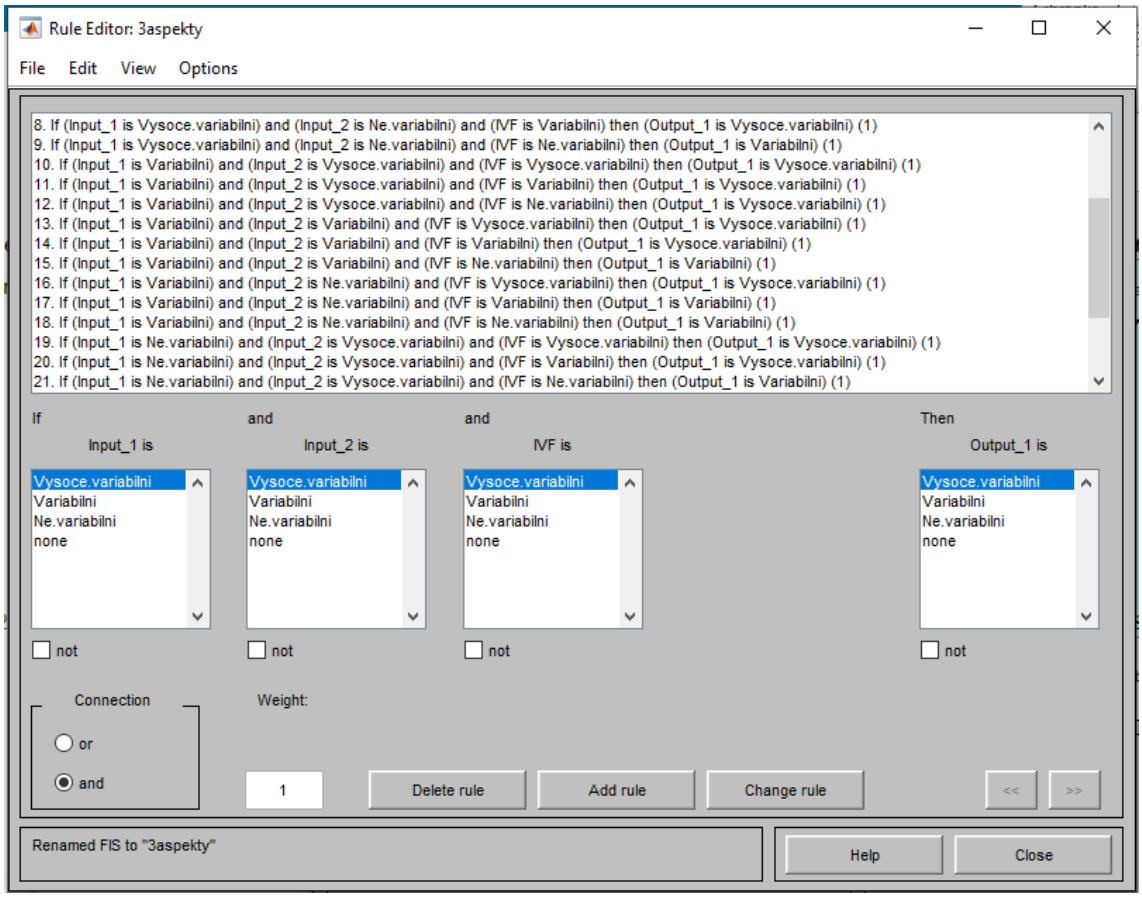


Obrázek 4 - Definice vstupů pro fuzzy systém ohodnocení pro získání kvality výstupu

Některé funkce tak obsahují pouze IVF, další IVF a jeden vstupující aspekt atd. Pro každý systém je také nutné vytvořit odpovídající počet pravidel podle počtu vstupů a podle počtu tříd ve vstupech. Rozdělení tříd výstupů odpovídá klasifikaci tříd vstupů

Postup pro vytvoření fuzzy systému ohodnocení je v podstatě stejný jako v předchozím kroku. S tím rozdílem, že jsou zde jinak definované třídy vstupů. Ty odpovídají výstupu ze systému pro ohodnocení IVF. Definovány jsou tedy třemi křivkami. První má parametry [0 0 0.75], druhá [0.75 1.5 1.5] a třetí [0.5 0.75 1]. Křivka třídy *vysoce variabilní* začíná v hodnotě 0 se stupněm členství 1, postupně klesá do hodnoty 0,75, odkud pokračuje do 1,5 se stupněm členství 0. Křivka pro třídu *nevariabilní* je zrcadlově

otočená. Od hodnoty 0 do 0,75 má stupeň členství 0 a pak stoupá do 1,5, kde má stupeň členství 1. Poslední křivka popisuje třídu variabilní. Její vrchol, a tedy stupeň členství



Obrázek 5 - pravidla pro vyhodnocení kvality výstupu funkce se dvěma aspekty vstupu a ivf

1 je v hodnotě 0,75. Odtud klesá oběma směry do hodnot 0,5 a 1, kde má stupně členství 0. Vlevo s tímto stupněm pokračuje do 0 a vpravo do 1,5. Toto rozdělení tříd je stejné pro všechny vstupy funkce, a i pro její výstup.

Po definování tříd vstupů a výstupu je opět třeba určit vztahy mezi vstupy a výstupem. Musí tedy být vygenerována pravidla pro veškeré možné kombinace vstupů. Jejich počet je zase určen jako počet tříd na počet vstupů. Pro funkce s dvěma vstupy to je tedy 9 pravidel, se třemi 27, se čtyřmi 81 a s pěti 243. Funkce s více vstupy se v modelu neobjevují. Pro vygenerování veškerých kombinací byl použit MATLAB. Třída *vysoce variabilní* byla označena číslem 1, *variabilní* číslem 2 a *nevariabilní* číslem 3. Toto číselné označení je použito, protože v tomto pořadí jsou definovány i v okně pro tvorbu pravidel v MATLABu. Hodnoty se následně vložily do matice pro lepší manipulaci. Tato matice je převedena do excelu, kde dochází k číselnému ohodnocení jednotlivých řádků. Podle výsledné hodnoty se pak určí do které třídy výsledek konkrétního pravidla spadá. Řádky jsou následně upraveny do podoby, kterou MATLAB požaduje při vkládání. V textovém editoru jsou poté importovány do fuzzy systému a po spuštění aplikace se v ní ukážou.

Podmínkové věty jsou propojeny fuzzy operátorem AND, implikace jsou agregovány metodou maxima a defuzzifikace výsledné implikace probíhá metodou těžiště. Získaná výsledná hodnota reprezentuje zkombinovaný vliv vnější a vnitřní variability na kvalitu výstupu funkce.

Obrázek 6 - Grafické znázornění pravidel

Krok 4 – Vyhodnocené výsledků:

Posledním krokem je zanalyzovat dosažené výsledky. Číselné výstupy ze třetího kroku udávají, jak kvalitně byla funkce vykonána s ohledem na kvalitu vykonání předcházejících funkcí a okolních podmínek. Zobrazují se tedy místa v systému, na kterých může docházet ke vzniku variability, jak se navzájem ovlivňují a jak se v systému variabilita kombinuje. Díky těmto informacím je možné navrhnout opatření pro zvýšení kvality systému nebo jak předcházet nechtěným stavům.

4 Matematický postup vyhodnocení modelu

Výše popsaná metoda byla aplikována na čtyři měření z reálného provozu na mezinárodním letišti. Některá měření byla zaznamenána na odlehlých stáních a některá na nose-in stáních. Jednalo se pokaždé o jinou leteckou společnost. Měření probíhalo pozorováním z budovy terminálu a jednotlivé události byly zapisovány. Letecké společnosti mají na odbavení různé nároky. V případě nízkonákladových letů je snaha o odbavení v co nejkratším čase. Jiné společnosti na odbavení naopak tolik nepospíchají. Měřenými veličinami jsou převážně běžné pracovní podmínky, které mají vliv na vykonávání jednotlivých aktivit. Které podmínky, ovlivňují jaký typ funkcí, je popsáno v tabulce v kroku 2. Na základě měření tak následovalo ohodnocení jednotlivých funkcí hodnotou z číselné škály 0-10 podle jejich adekvátnosti. Z těchto ohodnocení je vypočítáno IVF pro každou funkci v jednotlivých měřeních. Podle jejich funkčních vazeb lze vypočítat číselné skóre výstupu každé funkce. Detailně popsáno je zde jedno měření. Pro ostatní je vyhotoveno pouze matematické vyhodnocení a případné poznámky k ohodnocení podmínek. Pro všechna měření je dále vyhotoveno zhodnocení.

Je nutno podotknout, že ohodnocení podmínek probíhá výhradně mým subjektivním pohledem. Člověk s lepšími znalostmi postupů a předpisů pro odbavení by mohl mít na určitá ohodnocení jiný pohled. Pro dokonale přesné výsledky by tedy měření musela být konzultována s expertem v tomto oboru. Dalším faktorem ovlivňující přesnost je nedostatek informací o pracovnících vykonávajících jednotlivé funkce. Pravděpodobně by musel být s každým pracovníkem konzultován jeho spánkový režim, psychické rozpoložení, únava, rozvržení směn, jak dlouho danou práci vykonávají apod. Cílem analýzy však není dosáhnutí exaktních výsledků, ale úvaha, zda lze tuto metodu na použitý model aplikovat a jaké to případně přináši výhody pro hodnocení bezpečnosti.

4.1 Letecká společnost 1, 9:35, stání u terminálu

Nultý a první krok byl již definován v předchozí kapitole, nebudu ho tedy znovu dále rozvádět. Zaměřím se na druhý a třetí krok a jejich matematické vyhodnocení. Postup, kterým k nim dochází lze také dohledat v předchozí kapitole. Čtvrtým krokem pak bude zhodnocení výsledků.

První funkcí je *Úklid plochy*. Ramp agent přijel na stojánku, na které bude probíhat odbavení s dostatečným předstihem, stihl prohodit pár slov s kolegy a vydal se na obchůzku stojánky. Po cestě objevil předmět, který tam evidentně neměl být a po dokončení kontroly ho vyhodil do koše. V tento moment nemusel řešit žádné další úkoly a mohl se tak soustředit na správné provedení kontroly. Vzhledem k tomu, že jde o Ramp

agenta a ne běžného pracovníka handlingové společnosti, předpokládá se, že je dobře obeznámen s postupy a že tuto činnost vykonává již nějakou dobu. Pokud by byl například v zácviku, pravděpodobně by měl s sebou zkušenějšího pracovníka, který by ho zaučoval a dohlížel na něj. Proto také důvěra z řad ostatních pracovníků bude pravděpodobně vyšší. K odbavení docházelo v 9:35, tedy v dopoledních hodinách. Bylo už denní světlo a vzhledem k tomu, že byl přítomen na letišti, musel být již nějakou dobu vzhůru. Rozespalost by tedy hrozila pouze v případě, kdy by si v areálu letiště někde pospal. Nemůžu soudit, jak vypadaly jeho předchozí směny a kdy začínala tato, ale v této práci předpokládám, že spal rozumný počet hodin. Veškeré podmínky jsou tedy naprosto adekvátní.

Druhou funkcí je *Příjezd letadla*. Tuto funkci vykonává pilot. Pokud by nastalo zpoždění letu, mohou piloti pociťovat stres vedoucí k chybným úsudkům. V kabině letadla sedí dva piloti. Podmínka dostupnosti zdrojů je tedy adekvátní. Při pojezdu po ploše může probíhat komunikace mezi pilotem a věží. A při manipulaci s letadlem musí dbát zvýšené opatrnosti. Hodnota podmínky počtu úkolů je tedy snížena. Piloti mají jasně předepsané postupy, kterých se drží. Než se pilot dostane k řízení dopravního letadla, stráví mnoho času výcvikem, předpokládám tedy že je dostatečně vyškolen. Vzhledem k tomu, že odbavení probíhá ihned po příletu, je možné, že délka letu může ovlivnit únavu. Čas příjezdu na stojánku značí, že odlet probíhal v dřívějších ranních hodinách. Piloti tedy nemusejí být dostatečně vyspalí. Posádka letadla by měla být schopna kvalitně spolupracovat a v pilota je vkládána značná důvěra.

Pro funkce *Zašpalkování kol* a *Rozestavení kuželů* bude popis stejný. Funkce v podstatě probíhají souběžně. Dokud není zhasnutý antikolizní maják a Ramp Agent nedá signál, stojí všichni pracovníci handlingu za barevným značením, jak mají. Po signálu se vydávají založit kola a rozmístit výstražné kužely. Levou stranu letadla obsluhují dva pracovníci. Jeden s kužely a jeden s podvozkovými klíny. Pravou stranu však obsluhuje pouze jeden pracovník. Ve správném pořadí se nejprve vydá zašpalkovat kola na hlavním podvozku a až poté jde rozmístit kužely. Pro funkci *Rozestavení kuželů* bude hodnota pro *Dostupnost zdrojů* a *Dostupnost plánů a postupů* nižší. Po zašpalkování kol proběhlo od obou pracovníků ujištění, zda drží, jak mají. Kužely jsou také rozmístěny na správná místa. Práce je zde dobře rozdělená a každý pracovník ví přesně, co má dělat. Jsou tedy nejspíše zkušení. Celková doba odbavení od příjezdu letadla na stojánku do jeho odtlačení byla 43 minut. Čas pro odbavení to není zrovna dlouhý, ale vzhledem k tomu, že pracovníci měli později čas postávat ať už při čekání na vozíky se zavazadly nebo po naložení zavazadel, lze usuzovat, že v časovém tlaku nebyli. Pro pracovníky handlingu platí u cirkadiálního rytmu to samé jako u Ramp Agenta. Předpokládá se tedy, že měli dostatek spánku a jsou dostatečně přizpůsobeni aktuálnímu času. Pracovníci

trpělivě vyčkávali signálu Ramp agenta, zřejmě tak v něj mají důvěru a dokážou spolupracovat bez problémů.

Následující funkce vykonávané handlingovou společností mají sedmou a osmou podmínku, tj. *Cirkadiální rytmus a stres* a *Kvalita týmové spolupráce* popsanou stejně jako v předchozích případech.

Pátou funkcí je *Walk-around*. Než jí Ramp Agent vykonal, tak proběhla krátká vizuální komunikace s kabinou. Poté se vydal na obchůzku, nejdříve k přední podvozkové noze a dále pokračoval doprava až na konec křídla. Vrátil se zpátky k letadlu, zkontroloval zadní podvozkové nohy a vydal se dále po obvodu letadla, zkontroloval levé křídlo až do konce a poté sledoval poslední dosud nezkontrolovanou část pláště. Během obchůzky rozdával pravděpodobně nějaké instrukce (docházelo ke komunikaci mezi ním a někým dlaším) a sledoval okolní dění. Nemohl tedy být stoprocentně soustředěný pouze na walk-around. Vykonání obchůzky pravděpodobně probíhalo včas a relativně přesně. Jelikož se jedná o Ramp Agenta při kontrole, věděl, na jaká místa se zaměřit a co sledovat. Jelikož ihned po dokončení funkce zamířil do auta, vzal si desky a šel po schodech do kabiny, můžeme usuzovat, že pociťoval lehký časový tlak.

Další vykonanou funkcí bylo *přistavení mostu a výstup cestujících*. Po pokynu Ramp Agenta pracovník letiště začal přistavovat most. Nejdříve dochází k přiblížení celého mostu a poté ještě ohebné části, která obepne tvar letadla. Zanedlouho započal výstup cestujících. Pracovník letiště pak opouští nástupní most a odjíždí. Pro obsluhu mostu postačuje pouze jeden pracovník, který v tomto případě věděl, co a jak má dělat. Personálu byl tedy dostatek. Přistavení proběhlo přesně a včas. Vzhledem k téměř okamžitému odjezdu lze spekulovat, zda nemusel krátce po této operaci s nástupním mostem, manipulovat na jiné stojánce s dalším. Cirkadiální rytmus je brán stejně jako v případě pracovníků handlingové agentury.

Funkce *Připojení GPU*. Před připojením pozemního elektrického zdroje probíhal přesun pracovníků handlingu od konce letadla směrem ke kabině. Jeden pracovník však šel o poznání rychlejším krokem než ostatní. Zamířil k ovládacímu panelu, který z nástupního mostu spouští dolů pověšený kabel. Ten potom sundal z držáku a zamířil k levé části letadla, k místu, kam se připojuje. Tato manipulace s kabelem probíhala značně neobratné, nehledě na to, že přípojku táhl po zemi, což by rozhodně neměl. Než přípojku zasunul, tak ji ještě vizuálně zkontroloval a poté připojil. Ujistil se ještě, zda je dobře zapojená a dalším rychlým krokem se vydal k ovládacímu panelu. Mezitím přišel další pracovník a připojení ještě zkontroloval. První pracovník na ovládacím panelu zapnul přívod elektrické energie a vizuálně to naznačil kabině. Jelikož se nakonec na připojení podíleli dva pracovníci a další stáli opodál, lze usuzovat, že zdrojů pro realizaci funkce

byl dostatek. Nevím, co přesně bylo důvodem jejich dřívější přítomnosti u zadní části letadla, protože z pozorovacího místa tam nebylo vidět. Je ale možné, že tam řešili nějaký jiný úkol, nebo si pouze spolu povídali a na připojení GPU zapomněli. Každopádně rychlá chůze pracovníka a následná neobratná manipulace s kabelem pravděpodobně zapříčinila, že přesnost a včasnost nemusela být dodržena.

Další vykonanou funkcí bylo *Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel* Po přistavení pásového dopravníku se pracovníci přesunuli do zadní části letadla a dva vstoupili do zavazadlového prostoru. Vykládání zavazadel začalo probíhat až ve chvíli, kdy byly přistaveny vozíky, na které se chvíli čekalo. Pracovníků zde byl dostatek. V tuto chvíli měl každý svou práci rozdělenou a nemusel řešit žádné další úkoly. Přistavení a vyložení proběhlo tedy relativně včasně a přesně. Vykládání zavazadel je pro ně rutinní záležitostí a bylo zde přítomno dostatečné množství zkušených pracovníků. Zavazadla byla vyložena asi za tři minuty.

Pracovník externí společnosti pro čerpání paliva vykonávající funkci *Plnění paliva,* přijel na stojánku s dostatečným předstihem. Zastavil pod pravým křídlem. Vyčkával na dokončení výstupu cestujících. Po nějaké době si připravil schůdky pod vstup do nádrže a poté uzemnil cisternu. Vrátil se zpět k cisterně, odmotal hadici a připojil ji na nádrž. Než spustil přečerpávání paliva, došel se ujistit ke kabině letadla, zda může spustit plnění nádrže. Celý proces plnění sledoval a soustředil se na něj. Po dosažení požadovaného množství paliva v nádrži letadla, odpojil hadici a zavřel víko nádrže. Odtáhl hadici zpět k cisterně a uklidil jí. Poté se vrátil zpět k letadlu, odebral uzemnění cisterny a uklidil schůdky. Nastoupil do kabiny cisterny a odjel pryč. Pro čerpání paliva je jeden pracovník dostačující. Veškeré potřebné vybavení sebou také měl. Jeho jediným úkolem bylo správně natankovat palivo. Pro pracovníka je toto rutinní činnost, kterou vykonává každý den několikrát. *Časový tlak* nejspíše nepociťoval, protože na letišti je dostatek dalších cisteren pro pokrytí ostatních odbavení. Neměl tedy kam spěchat. *Cirkadiální rytmus* je stejný jako u ostatních pracovníků, a i když v modelu zastupuje jinou společnost, spolupráce s nimi nebyla problémem.

S funkcí *Úklid letadla* je to v tomto případě měření trochu složité. Pokud k úklidu na palubě letadla došlo, nebylo to stejným způsobem jako v ostatních měřeních. Zde vždy přijelo vozidlo s pověřenými (většinou pracovnicemi, které po výstupu cestujících vykonaly úklid a poté zase odjely. Je možné, že úklid paluby proběhl v rámci posádky letadla. Provedení této funkce má vliv pouze na funkci *Nástup cestujících a odstavení mostu*. Lze tedy předpokládat, že tato funkce byla vykonána posádkou letadla a že byla zvládnuta bez komplikací. Ovlivňujícím faktorem zde může být Dostupný čas a časový tlak a Cirkadiální rytmus a stres. Cirkadiální rytmus předpokládáme stejný jako u pilota. Tedy možnou drobnou únavu.

Následující funkce neprobíhají v chronologickém pořadí, ve kterém jsou popsány. Většina funkcí se časově překrývá, ale všechny na konci směřují ke stejnému bodu. Funkce navíc vykonává poměrně velké množství lidí a pracovníci běžně přeskakují mezi realizacemi jednotlivých funkcí.

Další funkcí je *Nástup cestujících a odstavení mostu*. Tuto funkci vykonává opět operátor nástupního mostu, a navíc také pracovníci gatu na terminálu. Ti dostávají informace o tom, kdy je možné dovolit cestujícím nastupovat a poté je pouští přes nástupní most do letadla. Odsunutí nástupního mostu bývá až mezi posledními vykonanými činnostmi před začátkem odtlačení. V té době je již gate ale zavřený a případní opozdilí cestující nejsou vpuštěni. Jelikož jsem neměl způsob jak v tomto měření zjistit průběh nástupu cestujících, je předpokládáno, že proběhl v pořádku. Personálu byl tedy dostatek. Operátor stačí jeden a předpokládám, že gate byl obsazen dostatečně. Operátor nástupního mostu přijel opět s dostatečným předstihem. Byl to ale jiný, než který most dříve přistavoval. Před manipulací čekal na Ramp Agentův signál a až poté most odstavil. Zjevně byl tedy také zkušený. Časem nejspíše tlačený také nebyl a pouhé odsunutí nezabere tolik času. Časový tlak ale možná mohli pociťovat pracovníci na gatu, kteří kromě pouštění cestujících kontrolují také palubní lístky a řeší další věci.

Při funkci *Naložení zavazadel a odstavení dopravníku* se pracovníci přesunuli k přednímu zavazadlovému prostoru, kde vyčkávají na příjezd vozíku se zavazadly. Evidentně tedy znají postup a vědí, co je čeká za práci. Vozík se po chvíli objevil, ale nakládka nezačala, dokud nepřišel Ramp agent. Ten jim podle Load Sheetu dal instrukce, jak postupovat. Do předního zavazadlového prostoru probíhalo nakládání bez použití pásového dopravníku. Po naložení dohodnutého počtu zavazadel byl proveden přesun pracovníků a vozíků se zavazadly k zadní části letadla. Zde se nachází druhý zavazadlový prostor. Dva pracovníci vstoupili dovnitř a urovnávali tam zavazadla, která jsou mezi tím skládána z vozíku na pásový dopravník. Po přesunutí všech zavazadel z vozíků do letadla byly vozíky odstaveny na stranu. Z nástupního mostu pak začali pracovníci snášet kočárky, které při letu nejsou na palubě, ale právě v zadním zavazadlovém prostoru. Jeden z pracovníků v zavazadlovém prostoru potom upíná zavazadla tak, aby při letu nedošlo k jejich samovolnému pohybu po nákladovém prostoru. Poté byl odstaven pásový dopravník. Další pracovník upínal zavazadla v předním prostoru. Došlo ještě k přenesení několika zavazadel z paluby letadla dolů a přidání k ostatním. Ramp Agent pak zkontroloval naložení a upevnění. Nakonec bylo potřeba zavřít oba zavazadlové prostory. V průběhu nakládky se kolem letadla pohyboval dostatek pracovníků. Někteří se věnovali pouze nakládce a někteří ještě dalším činnostem. Nakládka probíhala pravděpodobně normálně jak měla. V jejím

průběhu si ale jeden z pracovníků sundal z důvodu horka reflexní bundu. Chodil potom po stojánce pouze v tmavé mikině, bez požadovaných reflexních prvků. Než bylo odbavení dokončeno, zase si ji oblékl. Stejně jako nakládka, tak i vykládka je pro pracovníky handlingu rutinní činnost a pracovníci věděli, co mají dělat. Pro naložení zavazadel byl dostatek času.

Uklizení kuželů a uvolnění kol – Kužely jsou rozmístěny hlavně pro lepší přehlednost při manipulaci s technikou. V tomto případě byly odebírány v době, kdy se kolem letadla technika stále pohybovala. K jejich odebírání by mělo docházet až těsně před připojením push-back vozidla a po odpojení GPU. Zde probíhalo jejich uklizení způsobem, že nejdříve byly sebrány oba kužely na levé straně, po nějaké době kužel od motoru na pravé straně a po další době poslední kužel pod koncem pravého křídla. Sebrání kuželu bych definoval jako sehnutí se pro něj, chycení ho do rukou a odnesení na místo, kde se skladují. Zde byly pro proces sebrání použity místo rukou nohy. Pracovníci ho v jednom případě nohama posunovali přes celou plochu stojánky a zvedli jej až u místa, kam se uklízí. Před připojením push-back vozidla byly odebrány špalky přední podvozkové nohy. K odjištění zadních podvozkových kol došlo správně až v moment, kdy bylo push-back vozidlo připojeno. Personálu byl dostatek, pár pracovníků i postávalo kolem. Odebírání kuželů hodnotím jako značně nepřesné z hlediska časovosti. Jelikož se již odbavení chýlilo v této době ke konci, mohl zde vzniknout časový tlak na pracovníky.

Pracovník provádějící funkci *Push-back/odjezd* dorazil s vozidlem na stojánku v dostatečném časovém předstihu. Chvíli v něm seděl, později stál s ostatními pracovníky venku. Vydal se zkontrolovat přední podvozkovou nohu a zase se vrátil. Zatímco Ramp agent provádí druhý, před-odletový walk-around, připravil si pracovník push-back vozidlo k přední podvozkové noze. Po dokončení walk-aroundu pak došlo k zachycení a nadzvednutí nohy podvozku. Po Ramp agentově signálu bylo zahájeno odtlačení. Pro pracovníka provádějící push-back to byla jediná vykonávaná činnost.

Další funkce je sice pojmenována jako *Dohled na odbavení*, ale její hlavní náplní je komunikace s ostatními pracovníky odbavení a zajištění jeho hladkého a ničím nezdrženého průběhu. V tomto měření nebyl Ramp agent osobně přítomný na stojánce po celou dobu odbavení. Byl tam ale pokaždé, když bylo potřeba. To znamená po zastavení letadla, kdy dával pokyny, při obou jeho walk-around kontrolách, před naložením zavazadel a samozřejmě před a při vypravení letadla. V ideálním případě by nejspíše bylo dobré mít dva Ramp agenty, ale jeden je také dostačující. Na Ramp Agenta pravděpodobně může časový tlak působit více, protože je jeho zodpovědností vykonat odbavení včas.

Tabulka 3 – Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 1

#	Název funkce	Dostupnost zdrojů	Počet úkolů a řešení konfliktů	Kvalita komunikace	Dostupnost plánů a postupů	Vyškolenost a zkušenosti	Dostupný čas a časový tlak	Cirkadiální rytmus a stres	Kvalita týmové spolupráce	IVF
1	Úklid plochy	10	10	10	10	10	10	10	10	1.250
2	Zastavení letadla	10	9	10	10	10	9	9	10	1.214
3	Zašpalkování kol	8	9	10	8	10	10	10	10	1.214
4	Rozestavení kuželů	8	9	10	10	10	10	10	10	1.250
5	Walk-around	10	8	9	10	10	9	10	10	1.214
6	Přistavení mostu a výstup cestujících	10	10	10	10	10	9	10	10	1.250
7	Připojení GPU	10	9	7	7	9	9	10	10	1.103
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	10	10	9	10	9	10	10	10	1.250
9	Plnění paliva	10	10	10	10	10	10	10	10	1.250
10	Úklid letadla	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
11	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	10	8	9	6	9	10	10	10	1.103
12	Nástup cestujících a odstavení mostu	10	9	10	10	10	9	10	9	1.214
13	Odpojení GPU	10	10	9	9	10	9	10	10	1.214
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	10	8	5	7	9	9	10	10	1.067
15	Dohled na odbavení	8	7	9	9	10	8	10	10	1.067
16	Push-back/odjezd	10	10	10	9	10	9	10	10	1.250
17	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	10	10	10	10	10	10	10	10	1.250

Předposlední funkcí je *Odpojení GPU*. Po zapnutí APU pilotem byl odpojen pozemní zdroj energie. Funkce byla provedena rychle a kvalitně. Pracovník, který se o její vykonání postaral, věděl přesně co dělá. Při uklízení kabelu byl kabel držen za koncovku. Ta tedy nebyla tažena po zemi. Poté byl namotán na závěsné zařízení a pomocí ovládacího panelu vytažen nahoru. Při pozorování mi podle pohybu pracovníka přišlo, že bylo GPU odpojeno možná o trochu později, než být mělo, ale to nejsem schopen přesně posoudit. Vzhledem ke stavu odbavení a jeho chýlení ke konci mohl zapůsobit i časový tlak.

Poslední funkcí je *Komunikace s pilotem a doprovod letadla* – Ramp agent se spojil s posádkou letadla pomocí sluchátek, rozdal pokyny pro odšpalkování kol a následně pro začátek push-backu. Pokračoval potom souběžně s letadlem a vozidlem push-backu až na určené místo mimo stojánku, kde proběhlo odpojení push-backu, ukončení komunikace s kabinou letadla, odpojení sluchátek a vrácení se zpět na stojánku. Ramp agent je zkušený a v tento moment se již soustředí jen na odjezd letadla. Nemusí tedy řešit žádné další věci. Jelikož se jedná o poslední funkci není už způsob jak ji uspíšit. Nemusí tedy být stresován časem.

Tabulka 4 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 1

#	**Název funkce**	**Počet aspektů vstupu (včetně IVF)**	**Kvalita výstupu**
1	Úklid plochy	2	1.201
2	Zastavení letadla	2	1.226
3	Zašpalkování kol	4	1.187
4	Rozestavení kuželů	4	1.187
5	Walk-around	2	1.187
6	Připojení GPU	3	1.201
7	Přistavení mostu a výstup cestujících	4	1.201
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	4	1.201
9	Plnění paliva	4	1.202
10	Úklid letadla	4	1.202
11	Nástup cestujících a odstavení mostu	4	1.202
12	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	3	1.202
13	Odpojení GPU	3	1.187
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	5	1.201
15	Dohled na odbavení	1	1.067
16	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	1	1.250
17	Push-back/odjezd	4	1.223
18	Vypnutí antikolizního majáku a motorů	0	1.0
19	Spuštění APU	0	1.0

Číselné ohodnocení podmínek tedy vyplývá z pozorování, která jsou výše popsána pro každou funkci zvlášť. V předchozí kapitole bylo také popsáno, jak vypadají jednotlivé funkční vazby a jak jsou jimi funkce propojeny. Podle těchto vazeb je tedy vypočítána kvalita výstupu jednotlivých funkcí. Pro lepší přehlednost jsou jejich IVF a hodnota výstupu přidány do obrázku. Přiřazením faktoru vnitřní variability a zjištěním kvality výstupu jsou splněny kroky dva a tři.

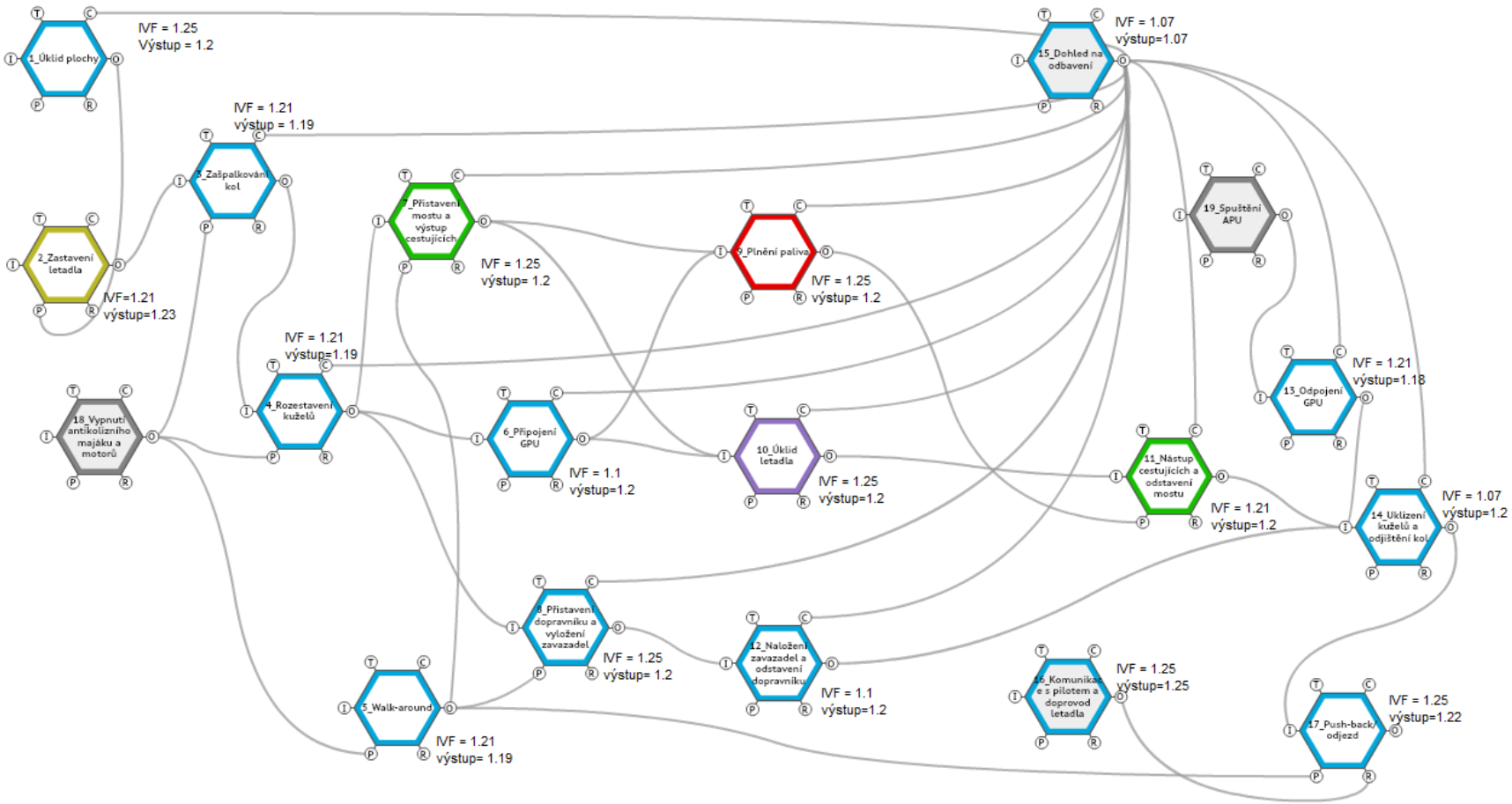
Posledním tedy čtvrtým krokem je zhodnocení dosažených výsledků. V případě tohoto měření byly podmínky pro splnění jednotlivých funkcí obecně velmi dobré. Pro každou funkci byl dostatek personálu a ostatních zdrojů. Práce byla jednotlivým pracovníkům

dobře rozdělená, tudíž nemuseli plnit více úkolů najednou. Kromě funkce *Připojení GPU* docházelo k včasnému a přesnému plnění všech funkcí. Veškeré činnosti jsou pro pracovníky rutinní záležitostí a vykonávají je denně. Jejich provedení se tak zásadně nelišilo od jakéhokoliv jiného odbavení. Nevšiml jsem si žádného náznaku zaučování jedince, takže vyvozuji, že pracovníci byli zkušení a dobře vyškoleni. Na odbavení byl dostatek času. Nepodléhalo se tedy časovému tlaku a z něj pramenícího stresu, který by zásadním způsobem variabilitu ovlivňoval. Vzhledem k času započnutí odbavování se předpokládá, že osoby jsou dostatečně vyspalé a nehrozí u nich únava po dlouhé směně. Spolupráce mezi pracovníky probíhala v pořádku, jak mezi pracovníky v rámci jednotlivých společností, tak napřič mezi nimi. Úroveň důvěry tak byla vysoká.

Žádná z hodnot, kromě podpůrných funkcí, jak u IVF, tak u skóre výstupu neklesá pod hodnotu 1.067. V předchozí kapitole jsou rozděleny třídy výstupu jako *vysoce variabilní* (0-0.75), *variabilní* (0.75-1) a nevariabilní (1-1.5). Lze tedy vypozorovat, že vykonání žádné z funkcí nepůsobí na systém negativně. Velice kvalitní podmínky, ve kterých bylo odbavení realizováno, byly schopné vyvážit nesprávnost provedení několika funkcí.

Celkově tak lze říct, že odbavení proběhlo v rámci očekávání dobře, až na výjimky s pozdním připojením GPU, tažením jeho přípojky po zemi, sunutím kuželů pomocí nohou po ploše, jejich brzkému uklizení a pohybu na stojánce bez reflexních prvků na oblečení. Všechny tyto zmíněné chyby, byly ale vyváženy velice dobrým a včasným provedením ostatních funkcí. Ani jedna z těchto situací tak nepříznivě neovlivnila vykonání ostatních funkcí.

Kromě pozdního připojení GPU a nedodržení správného nošení pracovní uniformy, pramenily všechny tyto nedopatření z naučených postupů a vědomí, že tyto akce bude později třeba stejně vykonat. Dalším faktorem je možnost, že Ramp agent nebyl v době těchto akcí přítomný na stojánce. Kdyby tam byl, tak by k nim možná nedošlo. Řešením pro budoucí správné provedení by tedy mohlo být přidání druhého člověka, který by zastupoval dohled Ramp agenta v době, kdy řeší další věci a nemůže dohlížet na odbavení. Dalším způsobem, jak těmto chybám předejít je po určité době poskytnutí opakovaných školení zaměstnancům handlingu a zdůraznění, že je třeba důsledně dbát předepsaných postupů.



Obrázek 7 - Funkční model FRAM s hodnotami IVF a kvality výstupu pro první měření

4.2 Letecká společnost 2, 12:01, odlehlé stání

V tomto případě se jednalo o malé vrtulové letadlo a odbavení probíhalo na odlehlém stání. Letadlo přijelo na stojánku s drobným zpožděním. Protože pracovníci byli schopni přizpůsobit svoji práci, během odbavování toto zpoždění minimalizovali i když tak mohlo dojít ke snížení přesnosti vykonávaných funkcí. Kolem stojánky se neustále pohybovalo velké množství vozidel a další techniky. Pracovníci tedy museli být více obezřetní na své okolí.

Tabulka 5 - Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 2

#	Název funkce	Dostupnost zdrojů	Počet úkolů a řešení konfliktů	Kvalita komunikace	Dostupnost plánů a postupů	Vyškolenost a zkušenosti	Dostupný čas a časový tlak	Cirkadiální rytmus a stres	Kvalita týmové spolupráce	IVF
1	Úklid plochy	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
2	Zastavení letadla	10	9	9	9	10	8	8	10	1.103
3	Zašpalkování kol	9	8	8	8	10	9	9	10	1.067
4	Rozestavení kuželů	9	8	8	8	10	9	9	10	1.067
5	Walk-around	10	8	9	9	10	9	9	10	1.103
6	Přistavení mostu a výstup cestujících	10	9	10	8	10	9	9	10	1.103
7	Připojení GPU	10	9	10	9	10	9	9	10	1.103
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	10	9	10	10	10	9	9	10	1.211
9	Plnění paliva	10	9	10	10	10	10	9	10	1.250
10	Úklid letadla	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
11	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	10	10	9	9	10	9	9	10	1.103
12	Nástup cestujících a odstavení mostu	10	8	8	8	10	9	9	10	1.067
13	Odpojení GPU	10	9	9	9	10	9	9	10	1.103
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	10	8	9	8	10	9	9	10	1.103
15	Dohled na odbavení	9	8	9	9	10	8	9	10	1.103
16	Push-back/odjezd	10	10	10	10	10	10	10	10	1.250
17	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	10	8	9	9	10	9	10	10	1.103

Výstup cestujících byl prováděn po vlastních schodech letadla a cestující byli dovezeni do terminálu autobusem. Při výstupu se někteří cestující zastavovali mezi letadlem a autobusem z důvodu, že čekali na svá příruční zavazadla, která nakonec nemohla být na palubě. Jedno zavazadlo zůstalo na ploše i po odjezdu autobusu. Ramp agent ho odnesl do svého auta. Tankování a úklid letadla probíhaly správně. Autobus odjel ještě před nastoupením a cestující se nahromadili před letadlem. Bylo na ně však dohlíženo. Vzhledem k tomu, že odbavení probíhalo na odlehlé stojánce, nebyl zapotřebí push-back. Ramp agent po dokončení komunikace s pilotem odpojil sluchátka a letadlo následně odjelo ze stojánky popředu samo.

Při odbavení byl personálu i vybavení dostatek. Pracovníci museli být více obezřetní, jelikož přesnost mohla být na úkor včasnosti snížena. Pracovníci byli vyškoleni a věděli, jak mají postupovat. Působil na ně ale časový tlak z důvodu zpožděného příjezdu letadla. Odbavení se odehrávalo v poledne, jejich směna nejspíše už nějaký čas probíhala, což znamená, že mohla působit i únava. Pracovníci byli schopni kvalitně spolupracovat.

Tabulka 6 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 2

#	**Název funkce**	**Počet aspektů vstupu (včetně IVF)**	**Kvalita výstupu**
1	Úklid plochy	2	1.208
2	Zastavení letadla	2	1.208
3	Zašpalkování kol	4	1.187
4	Rozestavení kuželů	4	1.187
5	Walk-around	2	1.187
6	Připojení GPU	3	1.208
7	Přistavení mostu a výstup cestujících	4	1.208
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	4	1.208
9	Plnění paliva	4	1.208
10	Úklid letadla	4	1.208
11	Nástup cestujících a odstavení mostu	4	1.208
12	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	3	1.208
13	Odpojení GPU	3	1.187
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	5	1.208
15	Dohled na odbavení	1	1.103
16	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	1	1.25
17	Push-back/odjezd	4	1.208
18	Vypnutí antikolizního majáku a motorů	0	1.0
19	Spuštění APU	0	1.0

Jedinou nevhodností u tohoto odbavení vidím hromadění cestujících po výstupu z a před vstupem do letadla. Bylo na ně sice dohlíženo, ale jedná se o nevyškolené osoby, které nejspíše nemají zkušenosti s pohybem po letištní ploše. V rámci zvýšení jejich bezpečnosti by tak mohly být např. mezi letadlem a autobusem provazy omezující jejich

možný pohyb. Při výstupu byla jejich možnost omezena ještě letadlem na jedné straně a autobusem na druhé. Při nástupu cestující vystoupili z autobusu, který vzápětí odjel. Jelikož došlo k jejich nahromadění před letadlem, stálo by možná za zvážení, zda v rámci jejich bezpečnosti nenechat autobus zastavený, dokud nedojde k nastoupení posledního z nich.

4.3 Letecká společnost 3, 11:50, šikmý nose-in

Tabulka 7 - Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 3

#	Název funkce	Dostupnost zdrojů	Počet úkolů a řešení konfliktů	Kvalita komunikace	Dostupnost plánů a postupů	Vyškolenost a zkušenosti	Dostupný čas a časový tlak	Cirkadiální rytmus a stres	Kvalita týmové spolupráce	IVF
1	Úklid plochy	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
2	Zastavení letadla	10	9	10	10	10	9	8	10	1.211
3	Zašpalkování kol	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
4	Rozestavení kuželů	9	10	8	9	10	10	9	10	1.103
5	Walk-around	10	8	8	8	10	9	9	9	1.067
6	Přistavení mostu a výstup cestujících	10	10	6	7	10	10	9	8	1.067
7	Připojení GPU	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	10	10	9	9	10	9	9	10	1.103
9	Plnění paliva	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
10	Úklid letadla	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
11	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	10	10	9	7	7	10	9	10	1.103
12	Nástup cestujících a odstavení mostu	10	9	10	10	10	10	9	10	1.250
13	Odpojení GPU	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	10	10	8	9	9	10	9	10	1.103
15	Dohled na odbavení	9	9	9	9	10	9	9	10	1.103
16	Push-back/odjezd	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
17	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	10	10	10	10	10	10	10	10	1.250

K přistavení mostu došlo ještě před dokončením walk-around kontroly. Operátor nástupního mostu tak začal přisouvání z vlastní iniciativy, když viděl, že ostatní činnosti už probíhají nebo mu Ramp agent dal signál, který jsem z důvodu vzdálenosti nebyl schopen zaznamenat. Tak jako tak zde došlo k pochybení. Kromě nakládky zavazadel zde došlo ještě k naložení poštovního pytle. Kromě vlastního vozíku, který ho přivezl byl postup stejný jako v případě zavazadel. Celkově probíhalo odbavení správně. Kromě brzkého přistavení nástupního mostu tu byla ještě situace, kdy si pracovník handlingové společnosti sedl na pásový dopravník a nějakou dobu na něm seděl. V jeho okolí sice nikdo nebyl, ale pokud by jakýmkoliv způsobem došlo k jeho spuštění, mohlo by dojít ke zranění.

Tabulka 8 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 3

#	**Název funkce**	**Počet aspektů vstupu (včetně IVF)**	**Kvalita výstupu**
1	Úklid plochy	2	1.208
2	Zastavení letadla	2	1.227
3	Zašpalkování kol	4	1.187
4	Rozestavení kuželů	4	1.187
5	Walk-around	2	1.187
6	Připojení GPU	3	1.208
7	Přistavení mostu a výstup cestujících	4	1.208
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	4	1.208
9	Plnění paliva	4	1.208
10	Úklid letadla	4	1.208
11	Nástup cestujících a odstavení mostu	4	1.208
12	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	3	1.208
13	Odpojení GPU	3	1.187
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	5	1.208
15	Dohled na odbavení	1	1.103
16	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	1	1.250
17	Push-back/odjezd	4	1.223
18	Vypnutí antikolizního majáku a motorů	0	1.0
19	Spuštění APU	0	1.0

Při tomto odbavení byl přítomný dostatek personálu i vybavení. Každý proto věděl, jakou činnost má zrovna vykonat a práce byla dobře rozdělena. Obecně byly funkce vykonána správně a včas. Jen přisunutí mostu bylo vykonáno dříve, než být mělo. Na odbavení byl dostatek času, takže časový tlak zde na pracovníky nepůsobil. Odbavení probíhalo kolem poledne, takže personál již mohl být lehce unavený. Spolupráce zde probíhala na dobré úrovni. Opatřením by mohlo být opakované proškolení a trvání na postupech podle předpisů.

4.4 Letecká společnost 4, 10:45, stání nose-in

Při zastavení letadla by měli být všichni pracovníci za barevným značením až do vypnutí antikolizního majáku a do signálu Ramp agenta. V tomto případě prošel jeden z pracovníků handlingové společnosti vyznačenou oblastí. Bylo to pouze z důvodu zkrácení si cesty k pásovému dopravníku. Byl na to ale vzápětí upozorněn. GPU bylo připojeno včas, ale pracovník, který to měl na starost opět táhl přípojku po zemi. Dva pracovníci, kteří urovnávali náklad v zavazadlovém prostoru se pohybovali po ploše se sundanou bundou. Měli na sobě tak pouze tmavé mikiny bez reflexních prvků.

Tabulka 9 - Číselné ohodnocení podmínek pro výpočet IVF Letecké společnosti 4

#	Název funkce	Dostupnost zdrojů	Počet úkolů a řešení konfliktů	Kvalita komunikace	Dostupnost plánů a postupů	Vyškolenost a zkušenosti	Dostupný čas a časový tlak	Cirkadiální rytmus a stres	Kvalita týmové spolupráce	IVF
1	Úklid plochy	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
2	Zastavení letadla	10	9	8	8	10	9	8	9	1.067
3	Zašpalkování kol	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
4	Rozestavení kuželů	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
5	Walk-around	10	8	9	9	10	9	9	10	1.103
6	Přistavení mostu a výstup cestujících	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
7	Připojení GPU	10	10	6	7	8	9	9	10	1.067
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
9	Plnění paliva	10	9	10	10	10	10	9	10	1.250
10	Úklid letadla	10	9	10	10	10	9	9	10	1.211
11	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	10	8	6	7	8	10	9	10	0.985
12	Nástup cestujících a odstavení mostu	10	9	10	10	10	9	9	9	1.103
13	Odpojení GPU	10	10	10	10	10	10	9	10	1.250
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	10	10	8	9	9	10	9	10	1.103
15	Dohled na odbavení	9	9	8	9	10	9	9	10	1.103
16	Push-back/odjezd	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250
17	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	10	10	10	10	10	9	9	10	1.250

Při tomto odbavení byl oproti předchozím navíc ještě doplněn catering. To bylo vykonáno externí společností s externími pracovníky v době, kdy probíhala nakládka zavazadel, úklid letadla a plnění paliva. Jedná se úkon, který si vyžádala letecká společnost samostatně a v podstatě nemá vliv na prováděné funkce z definovaného modelu FRAM. Do sledování je tedy zahrnuta jako okolní vliv, na který musejí ostatní pracovníci dát pozor při vykonávání své práce. Opět zde po naložení zavazadel docházelo k posedávání pracovníků handlingové agentury na pásovém dopravníku.

Tabulka 10 - Číselné ohodnocení kvality výstupů pro odbavení Letecké společnosti 4

#	**Název funkce**	**Počet aspektů vstupu (včetně IVF)**	**Kvalita výstupu**
1	Úklid plochy	2	1.208
2	Zastavení letadla	2	1.201
3	Zašpalkování kol	4	1.187
4	Rozestavení kuželů	4	1.187
5	Walk-around	2	1.187
6	Připojení GPU	3	1.201
7	Přistavení mostu a výstup cestujících	4	1.208
8	Přistavení dopravníku a vykládka zavazadel	4	1.208
9	Plnění paliva	4	1.208
10	Úklid letadla	4	1.208
11	Nástup cestujících a odstavení mostu	4	1.208
12	Naložení zavazadel a odstavení dopravníku	3	1.208
13	Odpojení GPU	3	1.144
14	Uklizení kuželů a odjištění kol	5	1.208
15	Dohled na odbavení	1	1.103
16	Komunikace s pilotem a doprovod letadla	1	1.25
17	Push-back/odjezd	4	1.223
18	Vypnutí antikolizního majáku a motorů	0	1.0
19	Spuštění APU	0	1.0

Pracovníků zde bylo více než dost a veškerou techniku měli k dispozici. Pro odbavení byli přítomni dva Ramp agenti. Pravděpodobně byl jeden z nich zaučován druhým. Všechny úkony byly víceméně splněny včas a přesně. Za nepřesnost bych zde označil pohyb pracovníka ve vymezeném prostoru v době, kdy tam být neměl, tažení přípojky GPU po zemi a pohyb dvou pracovníků po ploše bez reflexních prvků na oblečení. Vyškolenost pracovníků jinak byla obecně na dobré úrovni. Pravděpodobně zde lehce působil časový tlak. Odbavení probíhalo kolem poledne, pracovníci mohli pociťovat menší únavu. Spolupráce mezi jednotlivými členy společností probíhala dobře.

V tomto případě je pro každou z chyb, tedy tažení přípojky GPU po zemi, pohyb ve vymezeném prostoru a pohyb pracovníků po ploše opatřením opětovné proškolení zaměstnanců handlingové společnosti a trvání na dodržování předepsaných postupů.

4.5 Vyhodnocení

Pro čtyři různá měření byla vyhotovena čtyři různá vyhodnocení. Hodnoty byly pro všechna měření velmi podobná. Hodnoty kvalit výstupů by měly odhalit místa v systému, kde je možné, že se bude kumulovat variabilita. Jelikož byly všechny výstupy ohodnoceny v rozmezí 1-1.5, byla třída výstupu ve všech případech jako *nevariabilní*. Třídy těchto výstupu obecně nepůsobí na další funkce negativně. Mají naopak tendence vznikající variabilitu ve funkcích, do kterých vstupují, utlumovat. Tyto vysoké hodnoty byly dány skutečností, že ve všech případech byly procesy pozemního odbavení obecně vykonány velmi dobře. Systém si tedy s těmito odchylkami od předepsaných postupů dokázal poradit. Na základě číselných ohodnocení tak nebylo možné z těchto případů odvodit slabá místa v systému. Při měření však bylo odhaleno několik nepřesností a byla navržena opatření, která by je v budoucnu měla eliminovat. Hodnoty kvality výstupů by tak mohly dosahovat ještě vyšších hodnot.

5 Diskuse

Jednotlivá měření vykazovala ve všech případech velice dobré výsledky. Zapříčiněno to bylo převážně skutečností, že až na menší odchylky od správných postupů, se v průběhu žádného měření nestalo nic, co by jakýmkoli způsobem mělo za důsledek významné zpomalení, úplné zastavení nebo špatné vykonání práce. Mnohem více činností bylo naopak vykonáno velmi dobře. Rozdíly mezi předepsanými postupy a skutečnými pracovními výkony byly tedy vyváženy správnými postupy a vhodnými běžnými podmínkami při vykonávání ostatních funkcí. Negativní variabilita, která mohla v částech systému s nepřesně provedenými funkcemi vznikat, tak byla eliminována variabilitou ze správně provedených funkcí. Bylo tedy dobře vidět, jak je systém odolný vůči funkční rezonanci a jak jsou správná provedení funkce schopna utlumovat vznikající nežádoucí variabilitu.

Ve všech případech bylo dosaženo velice podobných, místy až stejných výsledků. To mohlo být zapříčiněno několika různými faktory. Původně H. Slim tuto metodu vytvořil a testoval na systému, který byl inspirován nehodami v roce 1991 a 1995 v souvislosti se špatně provedeným de-icingem. [7] V jeho případě se jednalo o nehody zapříčiněné kombinací nedostatečně proškolených pracovníků, neadekvátních instrukcí, špatného počasí a velkého množství letů. Jeho model tak obsahoval hodně nízkých ohodnocení běžných podmínek, které poté daly nižší hodnoty faktoru interní variability. Jejich různorodost byla větší a u hodnot kvality výstupu bylo lépe vidět, jak na sebe funkce navzájem působí. Je tedy možné, že pro střední hodnoty je model přesnější. Pro srovnání by bylo zapotřebí aplikovat na model případ, kdy při odbavení došlo k nějaké neočekávané akci, která vyústila v nehodu.

Je možné, že model vzhledem k vysokým hodnotám není v těchto oblastech tak přesný. Řešením by tedy mohlo být zvolit jinou číselnou škálu, která by lépe odrážela tyto hodnoty. Nejspíše by mohla být přidána další pravidla, která by byla definována právě pro zohlednění těchto krajních oblastí. Tím by se ale značně zvýšila složitost jejich vyhodnocování. Složitost by se také projevila v MATLABu, protože již při vyhodnocování systémů s více pravidly by potřeboval velké množství výpočetního výkonu.

Dalším faktorem by mohlo být mé hodnocení. Jelikož nejsem expert na tuto problematiku, mohl jsem mít zkreslené představy o správnosti vykonávání některých funkcí. Je možné, že povolaný člověk by viděl nepřesnosti na místech, která jsem vyhodnotil jako správné provedení.

Celkově lze říct, že v případě mých měření výsledky reflektovaly skutečný průběh a číselné ohodnocení kvality výstupů souhlasilo s reálným vykonáním funkcí.

6 Závěr

Cílem práce bylo vytvořit funkční model procesů pozemního odbavení. Dosaženo toho bylo pomocí metody FRAM a matematického postupu kombinujícího FRAM s fuzzy logikou. Aplikace probíhala na model vytvořený podle měření reálných odbavení na mezinárodním letišti. Celkem byly naměřeny a vyhodnoceny čtyři procesy odbavení. K matematickému vyhodnocení byla použita metoda H. Slima. Na základě této analýzy byla navržena opatření pro všechny čtyři měření, které by měli zvýšit bezpečnost osob při pohybu v okolí letadla. Cíl se tedy podařilo splnit.

Při práci byly ale zjištěny limitace, které mají za důsledek možnou nepřesnost této analýzy. Měření probíhala z terminálu letiště, aby nedocházelo k ovlivnění procesů. Nebylo však odtud možné sledovat detailně všechny procesy. V případě stání typu nose-in byla většina procesů vidět nejlépe. Avšak výhled bránil například detailnímu sledování nástupu cestujících a v některých případech úkonů, které se odehrávaly v zadní části letadla. V případě šikmého stání typu nose-in, byly dobře sledovatelné veškeré procesy, které se odehrávaly u přední a pravé části letadla. Procesy odehrávající se na levé straně však z důvodu vzdálenosti a postavení letadla bylo skoro nemožné detailně prozkoumat. Podobně tomu bylo i v případě odbavení na odlehlém stání. Bylo tak nutné využít poznatků získaných z ostatních odbavení.

Další limitací bylo sledování velkého množství pracovníků provádějícího velké množství funkcí. Ke každému měření byl pořízen video záznam a z něj poté probíhala detailní analýza. I po několika přehrání a s poznámkami z místa měření však nebylo možné detailně vysledovat práci jednotlivých pracovníků a udržet si přehled o tom, kde se pohybují v rámci celého odbavení. Nepřesnosti jako sundání bundy a pohyb po ploše bez oblečení s reflexními prvky paradoxně pomáhaly v lepší orientaci mezi pracovníky.

Největší limitací je ovšem nedostatek informací o jednotlivých lidech, kteří jsou v rámci analýzy také zkoumáni. Musel by být k dispozici rozpis jejich směn a s každým by musel být konzultován jeho stav, psychické rozpoložení, spánkový režim a veškeré další informace, které mohou ovlivňovat, jak bude pracovník vykonávat zadané úkoly. V mém sledování jsou veškeré tyto aspekty získány formou dedukce v závislosti na čase, kdy k odbavení docházelo a odpozorovaném chování.

Pro maximální přesnost by měření musel provádět celý tým lidí s expertními znalostmi veškerých postupů a předpisů. Musel by mít k dispozici veškeré informace o pracovnících a také volný pohyb po ploše s tím, že každý by se zaměřoval pouze na vykonávání jedné funkce či jednoho pracovníka najednou. Otázkou ale je, zda by to také neovlivnilo výkonnost pracovníků provádějící odbavení. Vědomí, že jsou takto detailně

sledováni by mohlo zapříčinit, že by se vyvarovali určitých činností, o kterých vědí, že nejsou předpisově správně nebo by naopak mohli pociťovat tlak a pokazit základní činnosti, které jindy vykonávají naprosto bezchybně.

Tento způsob analýzy procesů pozemního odbavení má v budoucnu určitě potenciál být velmi přesný. Musejí však být odstraněny výše popsané limitace. Pro zjištění přesnosti by také musel být aplikován na mnohem větší počet měření. Pro univerzální použití na jakékoli letiště ovšem vhodný nejspíše není. Musel by být upraven do podoby, která by odpovídala konkrétním letištím a jejich postupům při odbavení.

Dosažení maximální úrovně bezpečnosti, kdy nebude možné se ani přiblížit žádnému úmrtí, úrazu, či škodě na majetku je stále v nedohlednu. Než takové úrovně bude dosaženo, můžeme se k ní zatím pouze velice pomalu přibližovat. Tato práce je jeden z malých kroků, který nám v přiblížení k ideální úrovni může pomoct.

7 Zdroje

[1] Hollnagel, Erik. (2012). FRAM: The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-Technical Systems. GBR: Ashgate Publishing Ltd. ISBN: 9781409445531

[2] Hollnagel, Erik & Wears, Robert & Braithwaite, Jeffrey. (2015). From Safety-I to Safety-II: A White Paper. 10.13140/RG.2.1.4051.5282.

[3] Hyperion Aviation: Ground Operations Manual - Version 4.2 Part A - General (GOM/A) AOC B-3010 & AOC L-13 & AOC MT-16 [online]. Dostupné z: http://hyperion-aviation.com/wp-content/uploads/2017/09/HYP-GOM-Part-A-General-v4.2.pdf

[4]Patriarca, Riccardo & Bergström, Johan & Di Gravio, Giulio. (2017). Defining the Functional Resonance Analysis space: combining Abstraction Hierarchy and FRAM. Reliability Engineering & System Safety. 165. 10.1016/j.ress.2017.03.032.

[5] Patriarca, Riccardo & Di Gravio, Giulio & Costantino, Francesco. (2017). A Monte Carlo evolution of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to assess performance variability in complex systems. Safety Science. 91. 49-60. 10.1016/j.ssci.2016.07.016.

[6] Slim, H. and Nadeau, S. (2019) A Proposal for a Predictive Performance Assessment Model in Complex Sociotechnical Systems Combining Fuzzy Logic and the Functional Resonance Analysis Method (FRAM). American Journal of Industrial and Business Management, 9, 1345-1375. https://doi.org/10.4236/ajibm.2019.96089

[7] Slim, Hussein; Nadeau, Sylvie. 2020. "A Mixed Rough Sets/Fuzzy Logic Approach for Modelling Systemic Performance Variability with FRAM." Sustainability 12, no. 5: 1918.

[8] Vanderhaegen, F., Erik Hollnagel: Safety-I and Safety-II, the past and future of safety management. Cognition, Technology & Work. 17. 461-464. (2015) 10.1007/s10111-015-0345-z.