

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Tomáš Ulrich

**VÝVOJ NÁSTROJE PLÁNOVÁNÍ ÚDRŽBOVÝCH
PROSTOJŮ LETADEL**

Bakalářská práce

ROK ODEVZDÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

2020



K621**Ústav letecké dopravy**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Tomáš Ulrich

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – TUL – Technologie údržby letadel

Název tématu (česky): **Vývoj nástroje plánování údržbových prostoje letadel**

Název tématu (anglicky): Development of Maintenance Ground Time Planning Tool

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cíl práce: vytvoření databáze provozních dat, jejich analýza a následné vytvoření nástroje pro predikční plánování jednotlivých prací během údržbového prostoje letadla s grafickým výstupem
- Problematika plánování údržby letadel
- Analýza údržbových dat
- Návrh nástroje pro zpracování dat
- Tvorba softwaru pro účely údržbové společnosti
- Implementace v reálném prostředí údržby letadel



- Rozsah grafických prací: dle zadání vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Richard D. Palmer, Maintenance Planning and Scheduling Handbook, 1st Edition, McGraw-Hill Professional, 1999
U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Aviation Maintenance Technician Handbook, 2008

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Kála**

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2019**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajících 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

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Tomáš Ulrich
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....9. října 2019

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli oporou při tvorbě této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Martinovi Kálovi za jeho cenné rady a velmi vstřícné a pohotové jednání. Dále bych chtěl poděkovat mým blízkým, kteří mi vytvořili vhodné podmínky po celou dobu mého studia. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat firmě Czech Airlines Technics za poskytnutí vhodných podmínek a cenných dat z údržby letadel nutných pro vznik této práce.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 1.8.2020


.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VÝVOJ NÁSTROJE PLÁNOVÁNÍ ÚDRŽBOVÝCH
PROSTOJŮ LETADEL

Bakalářská práce

Srpen 2020

Tomáš Ulrich

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „**Vývoj nástroje plánování údržbových prostoje letadel**“ je vytvoření databáze provozních dat, jejich analýza a následné vytvoření nástroje pro predikční plánování jednotlivých prací během údržbového prostoje letadla s grafickým výstupem a implantace nástroje v reálném prostředí údržby letadel.

Klíčová slova

Databáze, plánování, údržba letadel, nástroj, údržbový prostoje, predikce

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

MAINTENANCE GROUND TIME PLANNING TOOL
DEVELOPMENT

Bachelors thesis

August 2020

Tomáš Ulrich

Abstract

The subject of the bachelor thesis “**Maintenance ground time planning tool development**” is the creation of a database of operational data, their analysis and subsequent creation of a tool for predictive planning of individual work during aircraft maintenance ground time with graphical output and tool implementation in a real aircraft maintenance environment.

Keywords

Database, planning, aircraft maintenance, tool, ground time, prediction

Obsah

Obsah.....	6
Seznam použitých zkratk:	9
Úvod.....	11
1 Popis údržby letadel	12
1.1 Traťová údržba	12
1.2 Údržba na základně.....	13
1.3 Program údržby provozovatele	13
1.3.1 Maintenance Review Board Report (MRBR).....	14
1.3.2 MSG-3.....	14
1.3.3 Přístupy k údržbě letadel	14
1.4 Manuály výrobců letadel	16
1.4.1 Údržbové manuály (Maintenance Manuals).....	16
1.4.2 Overhaul Manual	16
1.4.3 Illustrated Parts Catalog	16
1.4.4 Wiring Manuals.....	16
1.4.5 Structural Repair Manuals	16
1.4.6 Systém číslování ATA 100.....	16
1.5 Servisní Bulletin.....	17
1.6 Nutné pravidelné úkony údržby (CMR – Certification Maintenance requirements) .	17
1.7 Příkaz k zachování letové způsobilosti (AD – Airworthiness Directive).....	17
1.8 Dělení údržby z provozní hlediska	18
2 Tvorba a vývoj databáze.....	19
2.1 Cíl nástroje	19
2.2 Prostředí Czech Airlines Technics	19
2.3 Tvorba údržbového plánu	19
2.4 Volba programu	20
2.4.1 Výhody softwaru Microsoft Excel	20

2.4.2	Nevýhody softwaru Microsoft Excel	20
2.4.3	Výhody softwaru Microsoft Access:	21
2.4.4	Nevýhody softwaru Microsoft Access:.....	21
2.5	Tvorba databáze.....	21
2.5.1	Zpracovávaná data	21
2.5.2	Zpracování záznamů odpracovaných hodin.....	22
2.5.3	Propojení MPD TASK s tvary TC	26
3	Tvorba aplikace	27
3.1	Analýza dat.....	27
3.1.1	Analýza TC	27
3.1.2	Analýza MPD TASK.....	30
3.1.3	Analýza WO.....	34
3.2	Predikce MPD Task a TC	37
3.3	Predikce WO	46
3.4	Importování dat do databáze	53
3.4.1	Importování dat bez informace o věku letadla.....	53
3.4.2	Importování dat s informací o věku letadla.....	54
3.4.3	Import registrací letadel	55
3.4.4	Import převodů TC to MPD	55
3.4.5	Import popisu MPD TASK a Customized TC.....	55
3.5	Třídy a funkce.....	56
3.5.1	Medián.....	56
3.5.2	Modul třídy pro úpravu dotazu	56
4	Implementace aplikace v provozu údržbové organizace	57
4.1	Porovnání predikce.....	57
5	Závěr	63
	Zdroje	65
	Seznam obrázků.....	67
	Seznam tabulek	68

Seznam příloh.....	69
Příloha 1	70
Výsledky testování predikce	70
Příloha 2	83
Kód modulu třídy „ObjTF“	83
Ukázka části kódu využívající modul třídy „ObjTF“	87

Seznam použitých zkratek:

A4A	Airlines for America
AD	Airworthiness Directive
ATA	Air Transport Association
CM	Condition Monitoring
CMR	Certification Maintenance requirements
CSAT	Czech Airlines Technics
EASA	European Union Aviation Safety Agency
FAA	Federal Aviation Administration
GVI	General Visual Inspection
HM_L	Heavy Maintenance Line
HM_L1	Heavy Maintenance Line 1
HT	Hard Time
M	Maintenance
MP	Maintenance Program
MPD	Maintenance Planning Document
MPD TASK	Maintenance Planning Document Task
MRBP	Maintenance Review Board Process
MRBR	Maintenance Review Board Report
MRO	Maintenance and Repair Organization
MS	Microsoft
MSG-3	Maintenance Steering Group-3
OC	On Condition
S	Scheduled
SB	Servisní Bulletin

SQL	Structured Query Language
TC	Task Card
TCCA	Transport Canada Civil Aviation
USA	United States of America
VBA	Visual Basic for Applications
WO	Workorder

Úvod

Údržba letadel je nedílnou součástí jejich provozu. Každé letadlo v obchodní letecké dopravě se musí jednou za čas podrobit velmi detailní prohlídce tzv. údržbě na základně. Podstatnou součástí této údržby je i její plánování. Dobře naplánovaná údržba může vést jak ke spokojenosti provozovatelů letadel, kteří získají přesnou informaci, jak dlouhou dobu jejich letadlo stráví v servisu, tak i k lepšímu rozvržení pracovních sil údržbové společnosti na jednotlivé úkony, které musí být během revize provedeny. Udává se, že technik v tradiční údržbové organizaci pracující bez řádného plánování stráví během své směny produktivní práci jen 25-35 % času. Zbytek času je stráven čekáním na díly, nástroje, instrukce a jinými neproduktivními činnostmi. Řádným plánováním a správně rozvrženým pracovním prostředím je možné zvýšit produktivní čas technika na hodnoty přesahující 55 %. [1]

Tato práce si klade za cíl pomoci produkčnímu plánování údržby vývojem softwaru pro predikci časového rozvržení rutinních úkonů údržby během údržbového prostoje letadla. Tento software by měl být použit firmou Czech Airlines Technics, a.s. (CSAT). Jedná se o firmu, která ročně provede v průměru až 55 revizí na základně. Což je objem práce, který se bez řádného plánování nemůže obejít. V současné době probíhá ve firmě plánování údržbového prostoje manuálním výpočtem počtu hodin potřebných k provedení úkonů. Z tohoto čísla je zjištěn počet dní nutných pro provedení revize. Úkolem produkčního plánování je odhadnout, ve který den budou tyto úkony údržby provedeny a podle toho rozvrhnout denní plán.

Úspěšnost nynějších plánů není příliš vysoká. Jejich největší slabiny pravděpodobně leží v odhadech délky práce, nálezu závad a správném odhadu termínu, kdy se provede určitý úkon. Nepřesné plánování způsobuje, že údržbový prostoje se může o několik dní zpozdít za plánem. To oddaluje odbavování nových zákazníků a zákazník, který údržbu objednal, má pak nepřesné informace o její délce. Dalším problémem je, že nesprávným rozvržením úkonů má firma nepřesné informace o tom, v který čas budou během údržby potřeba kteří specializovaní pracovníci. Z těchto důvodů je pro CSAT žádoucí zpřesnit své odhady. Jeden z posledních manuálně provedených pokusů vytvořit denní plán prací využil pouze historická data z již provedené revize. Výsledný plán byl v porovnání s běžnými metody nynějšího manuálního plánování přesnější. Tímto byla vyvolána poptávka po softwaru, který dokáže na základě skutečných dat provést automatizovaně svůj odhad délky rozvržených prací během údržbového prostoje letadla. Tento nový software si klade za cíl pomoci s plánováním údržby vytvořením databáze, která umožní zpětně sledovat, jak byly provedeny jednotlivé plánované úkony údržby a na jejich základě vytvořit predikci. Tato automatizace procesu plánování by měla urychlit vytvoření údržbového plánu a zpřesnit jeho průběh.

1 Popis údržby letadel

Každé letadlo se tak jako jiné stroje používáním opotřebovává, a proto je nutné na něm provádět údržbu. Pravidla pro její provádění jsou uvedena v předpisu L6/I. Podle něj je provozovatel letadla povinen provádět na letadle údržbu podle příručky k řízení údržby. Ke stanovení termínů údržby slouží některé provozní údaje jako například celková doba provozu letadla, doba provozu od poslední generální opravy, záznamy o údržbě a další. [2]

Cílem údržby letadlové techniky je [3, strana 268]:

- „zajistit vysokou spolehlivost letu
- zajistit dobrý technický stav letadlové techniky
- dosáhnout stanovených parametrů letadlové techniky
- předcházet závadám“

Mezi činnosti údržby letadel patří například [3, strana 76]:

- „obsluha letadla
- ověřování charakteristik jednotlivých systémů a zařízení
- výměny letadlových celků a částí letadla
- seřizování
- vizuální kontroly
- kalibrace
- provádění úprav letadlové techniky (modifikace)“

Podmínkou pro provozování konkrétních letadel je vydané Osvědčení letové způsobilosti. Toto osvědčení vydává Úřad civilního letectví na základě uspokojivé kontroly letové způsobilosti podle předpisu L8/A. Pro zachování letové způsobilosti letadla a jeho provozuschopnosti je nutné provádět údržbu podle standardizovaných plánovaných a neplánovaných úkonů. Letadlovou způsobilostí se rozumí stav, kdy je zajištěna minimální požadovaná úroveň bezpečnosti letadla, daná požadavky v předpisech letové způsobilosti. Údržbu lze rozdělit na dvě části podle toho, o jak detailní prohlídku se jedná na traťovou údržbu a údržbu na základně. [3] [4]

1.1 Traťová údržba

Traťová údržba je typem údržby, který nevyžaduje k provedení vizuálních inspekcí otevírání rozsáhlých přístupových prostor. K jejímu provedení stačí pouze otevření panelů a servisních dveří. Tato údržba se obvykle zabývá menšími úkoly plánované údržby, jako jsou předletové

kontroly nebo kontroly provozních kapalin. V technické praxi je často označovaná jako Line Maintenance. [4]

Každé letadlo před odletem musí být prohlédnuto, zda je k letu způsobilé. K prohlídce může dojít nejdříve 2 hodiny před odletem letadla. Podobná prohlídka jako před odletem čeká letadlo i po ukončení letu. [2]

1.2 Údržba na základně

Údržba na základně, často označovaná jako „Heavy Maintenance“, je typem údržby, který vyžaduje k provedení vizuálních inspekci otevírání rozsáhlých přístupových prostor. V technické praxi se jedná o takzvané „C-check“ a „D-check“. „C-check“ je údržba, která se provádí typicky v intervalu 18–24 měsíců a sdružuje servisní úkony, u kterých byl či v nejbližší době bude vyčerpán maximální povolený interval. Kontrola „C-Check“ obvykle trvá 3-4 týdny. [3] [4] [5]

„D-check“ je nejvyšším stupněm těžké údržby, který se provádí jednou za několik let. Probíhají při něm mimo jiné rozsáhlé demontáže vybavení letadla a systémů, detailní kontroly draku, defektoskopické kontroly uzlů a konstrukce. Za účelem provedení detailních a speciálních inspekci je případně nutné odstranění ochranných vrstev laku či použití nedestruktivních metod testování. Provedení „D-checku“ obvykle trvá mezi 4 až 5 týdny. Údržba jednotlivých letadel je závislá na jejich Programu údržby provozovatele (Maintenance Program), proto není možné plošně paušalizovat periodicitu pravidelných prohlídek letadel ani konkrétní úkony, které se během nich provádějí. [3]

1.3 Program údržby provozovatele

Každý operátor letadla si musí určit pro všechna svá letadla program údržby tzv. „Maintenance Program“ (MP). Tento MP je vytvořen na základě Dokumentu o programu údržby („Maintenance Planning Document“) dále jen MPD. MPD je zhotoven výrobcem letadla a obsahuje všechny úkony údržby a zároveň stanovuje i časové intervaly, během kterých je nutné tyto práce vykonat. Všechny tyto úkony odkazují na manuály k letadlu a systém číslování ATA 100. [6]

„Základním cílem tohoto programu je snižování nákladů na údržbu při zachování maximální úrovně provozní bezpečnosti a spolehlivosti.“ [3, strana 269]

MPD tedy stanovuje pravidla, jakým způsobem a v jakých intervalech má být letadlo udržováno, aby splňovalo platné předpisy. [3]

1.3.1 Maintenance Review Board Report (MRBR)

Maintenance Review Board Report (MRBR) je dokument, na základě kterého je sestavován MPD. V MRBR jsou stanoveny minimální požadavky plánované údržby. Tento dokument vzniká na základě procesu zvaného Maintenance Review Board Process (MRBP). V MRBP jsou zahrnuty všechny aktivity, na základě kterých je následně MRBR vydán. [3] [7]

MRBR hodnotí zejména stav [3]:

- funkčních systémů letadla, včetně pohonných jednotek
- konstrukci letadla (drak)
- výsledek zonální prohlídky letadla

Pro vytvoření MRBR se využívá metodiky MSG-3. [8]

1.3.2 MSG-3

MSG-3 je metodika vyvinutá organizací Airlines for America (A4A), dříve známou jako Air Transport Association of America (ATA). Cílem této metodiky je vytvoření postupu, podle kterého by bylo možné plánovat intervaly provedení úkonů údržby tak, aby to bylo v souladu s regulačními orgány, výrobcem letadla a operátory. Hlavní myšlenkou tohoto konceptu je správné určení inherentní spolehlivosti letadlových částí a systémů a díky tomu zvýšit efektivitu vyhnutím se provedení zbytečných úkonů údržby. Metodika MSG-3 je oficiálně schválena FAA, TCCA a EASA.

Základní principy MSG-3 jsou [9]:

- Spolehlivost se nezvýší nadměrnou údržbou.
- Při provádění nadbytečných úkonů údržby, může dojít k chybě lidského činitele.
- Monitorování funkce je obecně účinnější než následné provádění složitých oprav.
- Spolehlivost může být zvýšena jedině modifikací.
- Údržba některých částí nemusí být nutná, pokud je jejich oprava levnější.

1.3.3 Přístupy k údržbě letadel

V zásadě existují dva přístupy údržby k letadlovým částem [3]:

- Údržba po poruše (neplánovaná údržba)

Tento typ údržby probíhá v situaci, kdy dojde k poškození letadla nebo některého z jeho systémů z vnějších příčin.

- Preventivní údržba (plánovaná údržba)

Tato údržba se snaží předejít vzniku závad. Na základě charakteristik daného zařízení jsou stanoveny určité plánované činnosti údržby, které mají za cíl předejít poruše.

První generací přístupu k údržbě je reaktivní údržba (Run to Failure). Díly jsou na letadle provozovány až do vzniku poruchy, a poté jsou vyměněny. Jedná se zejména o díly, které mají za cíl zvýšení komfortu nebo efektivnosti provozu, ale nemají zásadní vliv na bezpečnost letu. [3]

Druhou generací přístupu k údržbě je prediktivní údržba. Jejím cílem je předcházet poruchám. Toho se snaží docílit sledováním stavu zařízení a následném vyhodnocení, jestli vydrží provozuschopné do další kontroly. Prediktivní údržba tedy usiluje o plné využití životnosti daných dílů. [3]

Třetí generací přístupu k údržbě je proaktivní údržba. Tento přístup, na rozdíl od předcházejících generací, klade důraz na možné příčiny vzniku opotřebení nebo poruchy. Tento přístup usiluje o oddálení vzniku poruch a opotřebení prováděním úkonů, které daným dílům a systémům zvyšují životnost. [3]

Moderní údržba letadel vzniká kombinací těchto tří konceptů [3]:

- Údržba podle pevných lhůt HT (Hard Time)

Jedná se o preventivní údržbu. Filozofie tohoto přístupu je založená na tom, že každý díl na letadle může plnit spolehlivě svojí funkci jen tehdy, pokud je v přesně stanovených intervalech kontrolován jeho stav nebo je celý díl vyměněn podle stanovené životnosti. Z tohoto důvodu nemusí být u dílů zcela využita jejich reálná životnost. Využívá se tam, kde je nepřijatelné selhání funkce a změna stavu.

- Údržba podle stavu OC (On Condition)

OC je preventivní údržbou, která se využívá tam, kde je selhání funkce nepřijatelné, ale změna stavu již přípustná je, avšak musí být monitorována. Klade si za cíl maximálně využít životnosti daných dílů. Je tedy nutné periodicky sbírat data o stavu jednotlivých komponentů, a když dojde k překročení stanoveného opotřebení, tak dojde k jejich výměně.

- Údržba sledováním stavu podle zvolených údajů CM (Condition Monitoring)

Při CM se sleduje stav celku díky statistickým údajům, podle kterých je vyhodnocena spolehlivost a provedena údržba. Životnost systémů nebo prvků je dána výrobcem, ale provozovatel má možnost tuto životnost individuálně upravit. Taková změna však musí být schválena příslušným úřadem daného státu v rámci MP zpracovaného provozovatelem letadla. CM se aplikuje na celcích, u kterých je selhání funkce během provozu přístupné.

1.4 Manuály výrobců letadel

Výrobci letadel poskytují ke svým letadlům celou řadu manuálů, podle kterých technici postupují při údržbě, inspekcích a opravách letadel. Manuál od výrobce je hlavním zdrojem informací, který technici při údržbě používají. [10]

1.4.1 Údržbové manuály (Maintenance Manuals)

Údržbové manuály obsahují informace o rutinních údržbových pracích, popisy systémů včetně jejich funkcí, postupy při manipulaci, instalaci a sejmutí komponentů, základní opravné procedury, návody pro identifikaci a odstranění běžných problémů. Obecně svým obsahem pokrývají informace o celém letadle a vybavení na něm nainstalovaném. Neobsahují už ale informace o opravách komponentů vymontovaných z letadla. Hovoříme například o manuálech pro údržbu draku letadla (Airframe maintenance manuals) nebo o manuálech pro opravy motorových jednotek (Powerplant maintenance manuals). [10] [11]

1.4.2 Overhaul Manual

„Overhaul Manual“ obsahuje informace o tom, jak opravit nebo obnovit komponenty, které mohou být sejmuty z letadla. Dále jsou v těchto manuálech ilustrace, jak jsou jednotlivé komponenty sestaveny a jaké mají číslo dílu. [10]

1.4.3 Illustrated Parts Catalog

„Illustrated Parts Catalog“ obsahuje informace o umístění částí. Dále jsou v něm zapsané informace o čísle dílu. Obsahuje rozložené pohledy všech částí letadla, aby pomohl technikům lokalizovat díly. [10]

1.4.4 Wiring Manuals

Většina elektrických systémů a jejich částí jsou ilustrovány v takzvaných „Wiring Manuals“. Ty obsahují schématické diagramy, aby pomohly při řešení závad v elektrickém systému. Dále v nich najdeme čísla dílů komponentů elektrického systému a jejich umístění. [10]

1.4.5 Structural Repair Manuals

Pro opravy vážných poškození jsou využívány „Structural Repair Manuals“. V těchto manuálech lze najít informace o opravách primární a sekundární struktury letadla. [10]

1.4.6 Systém číslování ATA 100

Původně bylo členění a organizace údržbových manuálů řešeno každým výrobcem zvlášť. Výsledkem byla velká rozdílnost mezi různými publikacemi a technici ztráceli čas učením se členění každého manuálu od různých výrobců letadel. Aby se tento problém vyřešil, tak Air Transport Association of America (ATA) (dnes známá jako Airlines for America (A4A)) vydala

specifikace pro organizaci technických dat výrobců letadel, takzvaný systém ATA 100. Tato specifikace ATA 100 člení data do individuálních systémů, které jsou očíslované. Například všechny informace o systému protipožární ochrany jsou k nalezení pod kapitolou 26. Každý systém má zároveň i své podsystémy, a proto, pro příklad specifická část o detekčních zařízeních požárů v kapitole 26, je v podkapitole 2610 a systémy hašení ohně jsou například v podkapitole 2620. Díky této organizaci je členění technických dat v manuálech, pro všechna transportní letadla, organizováno stejným způsobem. [10]

Systém ATA 100 je důležitý pro následné zpracování dat v databázi při hledání úkonů údržby, které se odkazují na MPD.

1.5 Servisní Bulletin

Po objevení některých závad, které nemají zásadní vliv na bezpečnost provozu letadla, je vydán tzv. „Servisní Bulletin“ (SB). SB vydává výrobce letadla nebo motorové jednotky či výrobce jiného komponentu, kterého se týká. Jeho účelem je učinit dané zařízení bezpečnější nebo zlepšit jeho životnost. Úkony v servisním bulletinu jsou zpravidla aplikovány při následné pravidelné údržbě a zahrnují kontroly, modifikace, popřípadě výměny dílů. SB může být jednorázový nebo opakovaný a to v případě, kdy je nutné úkon opakovat při každé pravidelné údržbě dané části. SB není pro provozovatele letadla povinný. Avšak pokud se SB odkazuje na Příkaz k zachování letové způsobilosti nebo je nutné jej provést v rámci programu údržby, tak se jeho provedení stává povinností. [3] [11] [12]

1.6 Nutné pravidelné úkony údržby (CMR – Certification

Maintenance requirements)

CMR je vyžadovaným úkonem údržby, který je zavedený během certifikačního procesu systémů letadla. Úkony CMR jsou podmnožinou instrukcí pro zachování letové způsobilosti identifikovaných během certifikačního procesu. CMR vzniká jiným procesem než MRBR, tedy není zde aplikována metodologie MSG-3. V případě zjištění vyšší pravděpodobnosti poruchy, než je požadovaná, se do MRBR přidá položka označovaná jako CMR, která má za cíl dostat pravděpodobnost poruchy na požadovanou úroveň. [3] [13]

1.7 Příkaz k zachování letové způsobilosti (AD – Airworthiness Directive)

V případě zjištění stavu, který brání letadlu splňovat podmínky pro zachování letové způsobilosti, vydá příslušný úřad Příkaz k zachování letové způsobilosti. Tomuto příkazu musí být vyhověno ve specifikovaném časovém období. V případě, že provozovatel letadla nesplní v požadovaném období úkony specifikované v AD, není letadlu obnoveno osvědčení o letové

způsobilosti. AD se vydává z důvodu nápravy chyby, která představuje ohrožení bezpečnosti.
[3] [12]

1.8 Dělení údržby z provozní hlediska

Z provozního hlediska údržbu letadel dělíme na [3]:

- A. Údržbu prováděnou přímo na letadle
- B. Údržbu prováděnou mimo letadlo (Údržbu prováděnou na určitém dílu nebo systému letadla po jeho vymontování. Před namontováním do letadla je díl nejprve schválen k provozu.)

2 Tvorba a vývoj databáze

První krok při vytváření nástroje pro predikování údržbových prostožů letadel bylo definování cílů, zohlednění velikosti dat a prostředí firmy. Na základě tohoto zhodnocení byl posléze vybrán vhodný program.

2.1 Cíl nástroje

Cílem nástroje plánování údržbových prostožů letadel je vytvořit software, který dokáže automatizovaně zpracovat velké množství dat (sta tisíce záznamů) zaznamenaných během revizí letadel ve firmě Czech Airlines Technics a na jejich základě provádět predikci rutinních úkonů údržby. Nástroj je určený pro letadla typu B737 od firmy Boeing a letadla od firmy Airbus typu A320 Family.

2.2 Prostředí Czech Airlines Technics

Během údržbového prostože letadla jsou všechny úkony prováděné na letadle zaznamenávány personálem provádějícím údržbu do systému AMOS od firmy Swiss Aviation Software.

Technici do tohoto systému vkládají informace o provádění „Task Card“ (dále jen TC), což jsou předem známé rutinní úkony údržby, jejichž cílem je odhalit případné závady nebo provést výměnu některých komponentů. Dále do tohoto systému technici vkládají data o provádění tzv. „Workorder“ (dále jen WO), což jsou úkony údržby, jejichž cílem je odstranění závady nebo provedení specifického dodatečného úkonu naplánované údržby. Úkony na odstranění závady jsou vydávány na základě nálezu. Tyto úkony jsou označovány písmenem „M“ od začátečního písmena anglického slova „Maintenance“, které v překladu znamená „údržba“. Druhým typem WO jsou předem naplánované dodatečné úkony údržby. Ty jsou označovány písmenem „S“ podle anglického slova „Scheduled“, což v překladu znamená „naplánované“. Příkladem takového úkonu může být provedení SB.

K systému AMOS má pak přístup oddělení produkčního plánování, které je schopné z něj získat data o provádění jednotlivých úkonů. Data jsou extrahována do tabulek vytvořených v programu Excel od společnosti Microsoft. Tyto extrakce nejsou ničím neobvyklým a ve firmě se často s programem Excel pracuje. Součástí licenčního balíčku Microsoft Office, který si firma zakoupila, je mimo programu Excel i program Microsoft Access.

2.3 Tvorba údržbového plánu

V současné době probíhá ve firmě CSAT plánování údržbového prostože následujícím způsobem.

1. Operátor zadá seznam úkonů, které se během revize musí provést.

2. Ke každému úkonu se z interní databáze zjistí počet hodin potřebných k jeho provedení.
3. Je zjištěn dostupný počet techniků, kteří mohou v dané době údržbu provést.
4. Celkový součet pracovních hodin nutný k provedení celé revize je vydělen počtem hodin, které by měli technici během dne odpracovat.
5. Předchozím krokem je vypočtena průběhová doba revize letadla.
6. Tyto údaje jsou odeslány týmu produkčního plánování, který na základě svých zkušeností vytváří denní plán provedených prací. Tento plán klade důraz na odhad, které skupiny specializovaných pracovníků budou v určité dny během revize pracovně vytíženy.

Největší slabiny tohoto postupu pravděpodobně leží v odhadech délky práce a nemožnosti správně predikovat nález závad. Dalším problémem je, že nesprávným rozvržením úkonů má MRO nepřesné informace o tom, ve který čas budou během údržby potřeba kteří specializovaní pracovníci.

2.4 Volba programu

Na světě existuje široká škála různých programů vhodných pro tvorbu databáze. Ať už to je MySQL od firmy MySQL AB nebo Microsoft SQL Server. Nicméně z důvodu prostředí, ve kterém firma operuje a náročnosti tvorby aplikace v různých softwarech, se rozhodovalo především mezi dvěma programy, jež má firma v licenci. Těmito programy jsou Microsoft Excel a Microsoft Access.

2.4.1 Výhody softwaru Microsoft Excel

1. Ve firmě je tento program hojně užívaný.
2. Využívá tabulkový procesor, ve kterém se snadno provádějí kalkulace mezi jednotlivými tabulkami.
3. Nabízí mnoho předem definovaných výpočetních funkcí.
4. Za pomoci programovacího jazyka „Visual Basic for Applications“ je možné vytvářet nejen funkce při výpočtech v tabulkách, ale i vlastní aplikace.

2.4.2 Nevýhody softwaru Microsoft Excel

1. Tabulkový procesor je svou výkonností nevhodný pro výpočty se sta tisíci záznamy.
2. Komplikované propojování dat z několika tabulek.

2.4.3 Výhody softwaru Microsoft Access:

1. Umí vytvářet relační databáze, ve kterých se dají snadno propojovat záznamy.
2. Databázi je možné ovládat pomocí dotazovacího jazyka SQL, který je optimalizovaný pro práci s velkým počtem dat.
3. Počítačovým jazykem „Visual Basic for Applications“ je možné vytvářet nejen funkce při výpočtech v databázi, ale i vlastní formuláře, kterými se dá přistupovat k databázím.
4. Dá se snadno propojit s programem Microsoft Excel.

2.4.4 Nevýhody softwaru Microsoft Access:

1. Ve firmě není příliš používán.
2. Je v něm komplikovanější provedení některých výpočtů.
3. Nabízí jen velmi omezený základní balík výpočetních funkcí.

Z důvodů vhodnosti využití relačních databází pro práci s velkým objemem dat byl zvolen program Microsoft Access.

2.5 Tvorba databáze

Dalším krokem bylo vytvoření samotné databáze. V této kapitole bude uvedeno, jaká data byla zpracovávána včetně způsobu jejich uložení do databáze.

2.5.1 Zpracovávaná data

Zpracovávaná data jsou výstupy ze systému AMOS uložené do tabulek v programu Excel. První tabulka, která byla obdržena od CSAT, obsahovala záznamy odpracovaných hodin na jednotlivých úkonech údržby.

Další 2 tabulky obsahovaly MPD tvary úkonů údržby, dále jen MPD TASK, pro jednotlivé typy letadel. V první tabulce byla data k MPD TASK pro letadla typu A320 Family a ve druhé MPD TASK pro letadla typu B737.

Poté ve 2 následujících tabulkách byly informace o TC, které si operátor letadla upravil. Takové TC se nazývají „Customized“ TC, tedy TC přizpůsobené potřebám operátora. Tyto tabulky byly rovněž rozděleny podle typu letadla.

Další tabulka pak obsahovala některá propojení mezi tvarem MPD TASK a tvarem TC, který byl použit při záznamu do systému AMOS tak, aby bylo možné identifikovat, na kterou MPD TASK se TC odkazuje.

Poslední tabulka obsahovala registrace letadel, typ letadla a datum jeho uvedení do provozu. Protože každý typ letadla má svá specifika (rozdílná avionika, hydraulika a další komponenty) a především jsou na něm prováděny rozdílné úkony údržby, musel být při odhadu budoucí

údržby typ letadla zohledněn. Díky datu uvedení letadla do provozu bylo možné určit věk letadla během provedení revize. Věk letadla byl zjišťován kvůli předpokladu, že se stářím letadla se mění pravděpodobnost výskytu závady, která může ovlivnit průběh celé revize.

Předpoklad vychází z tzv. vanové křivky. Tato křivka sleduje poruchovost výrobku v závislosti na čase od jeho vytvoření až po vyřazení. Je možné ji rozdělit do tří částí. V první části dochází k rychlému poklesu počtu závad, které jsou způsobeny záběhem. Ve druhé části se poruchovost ustálí na určité hladině. K poruchovosti v této fázi dochází obvykle z vnějších příčin a nevyskytuje se opotřebení mající vliv na vlastnosti objektu. V poslední části začíná docházet k postupnému nárůstu poruchovosti vlivem opotřebení a stárnutí materiálu. [14]

2.5.2 Zpracování záznamů odpracovaných hodin

V tabulce odpracovaných hodin, obdržené od CSAT, se nacházely záznamy uvedené v tabulce 1.

Tabulka 1. Záznamy z údržby

OZNAČENÍ SLOUPCE	VYSVĚTLENÍ
BOOKINGNO_I	unikátní klíč každého záznamu
START DATE	datum přihlášení
START TIME	čas přihlášení
END DATE	datum odhlášení
END TIME	čas odhlášení
DURATION FULL	celkový čas mezi přihlášením a odhlášením
SCOPE	specializace práce
SHIFT GROUP	identifikátor směny
TYPE	typ úkolu
WO/TC	identifikátor WO nebo TC
CLOSING DATE	datum uzavření úkonu v systému
DESCRIPTION	popis úkonu
WORKPACKAGE	název revize
WP START	datum začátku revize
WP END	datum konce revize
REAL DATE OF BOOKING ENTRY	datum vložení údaje do systému (technik mohl údaj vložit zpětně)
PERCENTAGE OF INSPECTION	procentuální provedení úkonu s ohledem na délku revize
INSPECTION LENGTH	délka revize v počtu dní

Z této tabulky se po importu do databáze vytvořené v programu Microsoft Access vyselektovala užitečná data pro další zpracování. Prvním krokem bylo získání jen těch dat, která se týkala pouze údržby na základně. Proto byla vyselektována data, která měla v identifikátoru směny označení pro „Line maintenance“. Dále byla potřeba rozdělit data na ta, která se týkala TC a ta, která se týkala jen WO a to proto, aby se zrychlily výpočty při pozdějších operacích. Do první skupiny byla zařazena jen ta data, jež měla v typu úkolu

uvedeno „TC“, tím bylo zajištěno, aby ve skupině byly jen úkony provedené jako TC. Ve druhé skupině byla brána data, kde byl typ „M“ nebo „S“ a tím došlo k selekci dat, která se týkala pouze WO. Další kritéria pak byla u obou skupin zvolena stejně. Pro účely produkčního plánování nás zajímala data, kde byla délka revize minimálně 3 dny. Další selektovanou veličinou byla procenta revize, která musela být v rozmezí 0 až 100 procent. Během zápisu může dojít k chybě, kdy personál zapíše konec provedení úkonu až po skončení revize, a v důsledku toho jsou procenta revize větší než 100. Při rozdělení do tabulek ještě došlo k výpočtu procentního minima a maxima daných úkolů v každé revizi. Tím bylo zjištěno, po jak dlouhou dobu, vzhledem k délce revize, zůstal úkon nedokončený. Dále se vypočítala suma všech časů mezi přihlášeními a odhlášeními, aby byl zjištěn celkový součet odpracovaných hodin na daném úkonu v každé revizi.

Z dalšího zpracování byly eliminovány následující záznamy:

- Real date of booking entry – Jedná se o nepotřebnou a často vynechanou informaci.
- Closing Date – Jedná se o nepotřebnou a často vynechanou informaci.
- End Time, Start Time – Práce zohledňuje pouze datum začátku úkonu nikoliv konkrétní hodinu, proto je tento záznam s konkrétním časem během dne nedůležitý.
- End Date – Jelikož „Start Date“ se vždy shodoval i s datem odhlášení, nebylo nutné tuto informaci uchovávat.

Byl upraven následující záznam:

- Start Date – Datum přihlášení se z Excelové tabulky naimportovalo ve formátu „krátkého textu“, což bylo pro další využití nepřijatelné a zároveň objem dat byl příliš velký na to, aby se dal jednoduše změnit datový typ na „datum a čas“ z důvodu omezené operační paměti počítače. Proto musela být v programovacím jazyce „Visual Basic for Applications“ napsána funkce, která postupně změnila datový typ všech záznamů data přihlášení na formát „datum a čas“.

Dalším krokem při zpracování bylo zjištění registrace letadla, na kterém byl konkrétní úkon prováděn. Toho se dalo docílit skrze název revize. Ten byl obvykle zapsán v následujících tvarech uvedených v tabulce 2.

Tabulka 2. Tvary názvů revize

TVAR	PŘÍKLAD
AA-BBB/C	OH-BBB/H-19 HMV3
BBB/C	BBB/H-18 10YE+2C+1C
ABBB/C	N1XXXX/L-240619 PHASE 22
AA-BBB C	D-BBBB SICHR
AA-BBB-C	D-BBBB-140419
BBB-C	XXX-HM1213
BBB C	KKK H-18 RED LESSOR FINDINGS

Kde „A“ znamená imatrikulační kód země, „B“ znamená imatrikulaci a „C“ je identifikátor konkrétní revize prováděné na letadle.

Pro zjištění registrace letadla bylo nutné napsat v programovacím jazyce Visual Basic for Applications funkci, která našla v identifikátoru revize imatrikulaci, a pokud byl obsažen, tak i imatrikulační kód země. Z důvodu zbytečné složitosti byly vynechány imatrikulační kódy země: JA, HL, UK, YV, které nejsou odděleny pomlčkou, protože ani jedno letadlo z těchto zemí neprošlo údržbou u CSA Technics. V tomto formátu byl implementován pouze imatrikulační kód N, který náleží USA, protože letadla této země se v záznamech objevila.

Z důvodu toho, že ne každý název revize obsahoval imatrikulační kód země (v tabulce 2 označen jako A), nebylo vždy možné zjistit celý imatrikulační kód daného letounu, protože v záznamech nebyl vůbec uveden. A proto bylo nutné zjistit především imatrikulaci (v tabulce 2 označena jako B). Každému názvu revize tak mohl být přiřazen imatrikulační kód. Využitím pouze imatrikulačního kódu nastane problém ve chvíli, kdy by dvě letadla, každé z jiné země, měla stejný kód. Pravděpodobnost výskytu takového jevu je však poměrně nízká. Přiřazení imatrikulačního kódu ke konkrétnímu názvu revize umožnilo vytvoření tabulky v databázi označené jako „RegistrLetadel“, ve které je ke každému názvu revize z databáze přiřazeno konkrétní letadlo z tabulky „Registrace“. V tabulce „Registrace“ jsou data o registraci konkrétního letadla, typu letadla a datu jeho uvedení do provozu. Díky datu uvedení do provozu pak bylo možné pro konkrétní revizi zjistit stáří letadla během jejího provedení. Typ letadla z tabulky „Registrace“ pak pomohl určit konkrétní typ letadla, na kterém byla prováděna revize.

2.5.3 Propojení MPD TASK s tvary TC

Velké množství MPD TASK se lišilo od TC tvarů posledními číslicemi, které upřesňují typ prováděného úkonu. Příkladem takového TC u letadel od firmy Boeing je například tvar „20-010-01-01“, kterému pak odpovídal tvar MPD TASK „20-010-01“. Z tohoto důvodu byla napsána funkce, která odstranila u TC tvarů poslední dvojčíslí, což umožnilo jejich propojení s tvary MPD TASK. Nebylo to však u všech tvarů, například tento TC tvar „200001-02-1“ u letadel od firmy Airbus se shodoval s tvarem MPD TASK přesně. Proto bylo využito sjednocovacího dotazu, kde se spojily dotazy, které hledaly shody mezi výše zmíněnými TC tvary a MPD TASK. Výsledkem bylo vytvoření nové sjednocené tabulky v databázi pro převod TC tvarů na MPD TASK. Ta obsahovala všechny tvary v jedné tabulce, proto bylo možné určit, jakému TC tvaru odpovídá tvar MPD TASK. Ne však úplně všechny tvary byly touto cestou nalezeny. Pro nalezení dalších tvarů bylo využito tabulky obdržené od CSAT, které obsahovala některá propojení mezi tvarem MPD TASK a tvarem TC.

3 Tvorba aplikace

Po uložení výchozích dat do databáze bylo nutné vytvořit prostředí, jehož prostřednictvím bude mít uživatel k těmto datům přístup. Na to bylo vytvořeno několik tzv. formulářů, kterými si dá v prostředí MS Access přistupovat k datům tak, aby to bylo uživatelsky přívětivé. Byly vytvořeny dva typy formulářů. První typ je určen pro analýzu dat a druhý typ pro vytváření predikcí.

3.1 Analýza dat

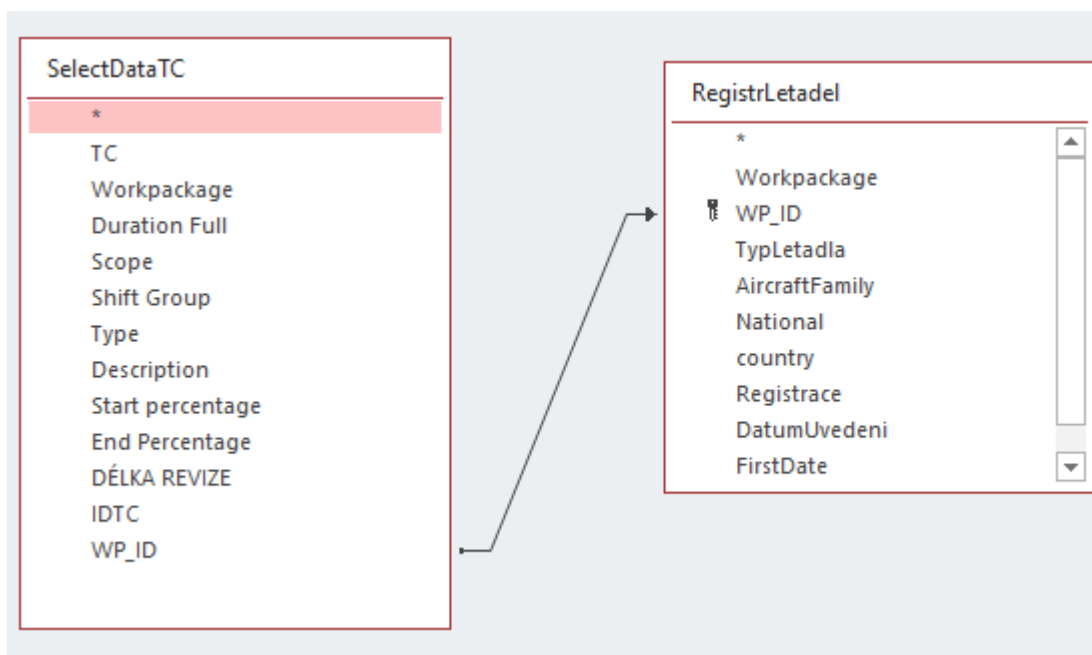
Prvním cílem při tvorbě aplikace bylo vytvořit rozhraní, ve kterém bude možné vyhledávat jednotlivé úkony údržby a sledovat u nich, jak byly v minulosti provedeny. Celkem bylo potřeba vytvořit za tímto účelem 3 formuláře. Jeden pro analýzu TC, druhý pro analýzu MPD TASK a třetí pro analýzu WO.

3.1.1 Analýza TC

První nástroj na analyzování dat byl vytvořen pro analýzu TC. Tento nástroj umožňuje vyhledávat jednotlivé TC, které jsou seřazeny podle názvu. Důvodem tohoto seřazení je snadná přehlednost pro uživatele. Tento nástroj má 5 možností, jak filtrovat data.

- 1) První věcí, kterou lze filtrovat, je délka revize. Uživatel může zadat rozmezí délky revize ve dnech, ve kterých chce hledat provedení úkonů. Např. může zvolit, že chce zobrazit jen revize s délkou mezi 20 až 40 dny.
- 2) Druhá věc, kterou lze filtrovat je věk letadla v rocích. Uživatel může například odfiltrovat jen letadla, která v době provedení úkonu byla 10-20 let stará.
- 3) Další možností je odfiltrovat z výběru TC, na kterých dělala pouze určitá linka označená jako „Shift group“. Lze například odfiltrovat jen ty revize letadel, na kterých dělala linka „HM_L1“ tedy „Heavy Maintenance Line 1“.
- 4) Poté lze filtrovat pro lepší přehlednost při vyhledávání jen ty úkoly, na které je nutné pouze určité zaměření tzv. „Scope“ tedy například: „MECH-INT“, což znamená jen ty úkoly, které jsou primárně určené pro letecké techniky zabývající se inspekcí a opravou kabinové části letadla.
- 5) Dále lze pro přehlednost určit, u kterého letadla uživatel vyhledává TC, jestli u letadel typu B737 od firmy Boeing, nebo letadla typu A320 Family od firmy Airbus. Dále lze ještě vyfiltrovat letadla typu ATR42 a ATR72 od firmy Aerei di Trasporto Regionale. Poslední dva zmíněné typy letadel sice mají v databázi své TC, ale nejsou pak dále v tomto programu uvažována pro plánování a nemají propojení k jednotlivým MPD TASK. Tato letadla nejsou uvažována z důvodu malého počtu revizí, které jsou na nich v CSAT prováděné.

V programu existuje dotaz označený jako „TestFormDelkaXProc“, který je uživateli skryt, ale na jeho základě je založen celý přístup formuláře do databáze. Tento dotaz je propojením tabulky „SelectDataTC“, která v sobě obsahuje informace o provedených TC a tabulky „RegistrLetadel“, která přiřazuje každé revizi věk letadla v době jejího započetí. Právě přes identifikátor revize (v tabulce označený jako „WP_ID“) jsou tyto dvě tabulky propojeny. To je patrné na obrázku 1. Přes formulář je možné upravovat SQL kód, ze kterého je tento dotaz postaven. Výše zmíněné filtry jsou pak výsledkem vložení kritérií do SQL kódu podle toho, která kritéria uživatel zvolí. Za tímto účelem byl vytvořen modul třídy v databázi označený jako „objTF“. Více je o tomto modulu třídy napsáno v kapitole 3.5.2. Jak bylo zmíněno výše, výběr TC je seřazen podle názvu. Tento výběr uživatel volí v poli se seznamem. Zdrojem dat pole se seznamem je dotaz v programu označený jako „TestFormDelkaXProc2“. Tento dotaz je postaven na dotazu „TestFormDelkaXProc“ a seskupuje k jednotlivým TC počet záznamů, tak aby měl uživatel přehled o počtu záznamů, ze kterých je počítána statistika ke konkrétnímu úkonu. Tento postup byl zvolen z důvodu toho, aby počet záznamů byl závislý na zvolených filtrech v dotazu „TestFormDelkaXProc“.



Obrázek 1. Vizualizace propojení tabulek v dotazu "TestFormDelkaXProc". Zdroj: Autor

Na základě uživatelem vybraného TC formulář spočítá pro daný výběr dat průměr, medián a směrodatnou odchylku procentních začátků a konců úkonu. Ukázka formuláře pro analýzu TC je na obrázku 2.

Select task card
TC:

Apply filters for task cards:

Workpackage duration from: to Days
Aircraft's Age from: to years

Aircraft Type:
Scope:
Shift Group:
TC desc search:

Selected task card informations:

Number of records:
Selected Aircraft type:
Selected TC Scope:

Average Start Percent:
Average End Percent:
Start Median:
End Median:
StDev of Start percent:
StDev of End percent:
Median Duration Full:
Average Duration Full:

Description:

navigation button Open chart that will show current task card

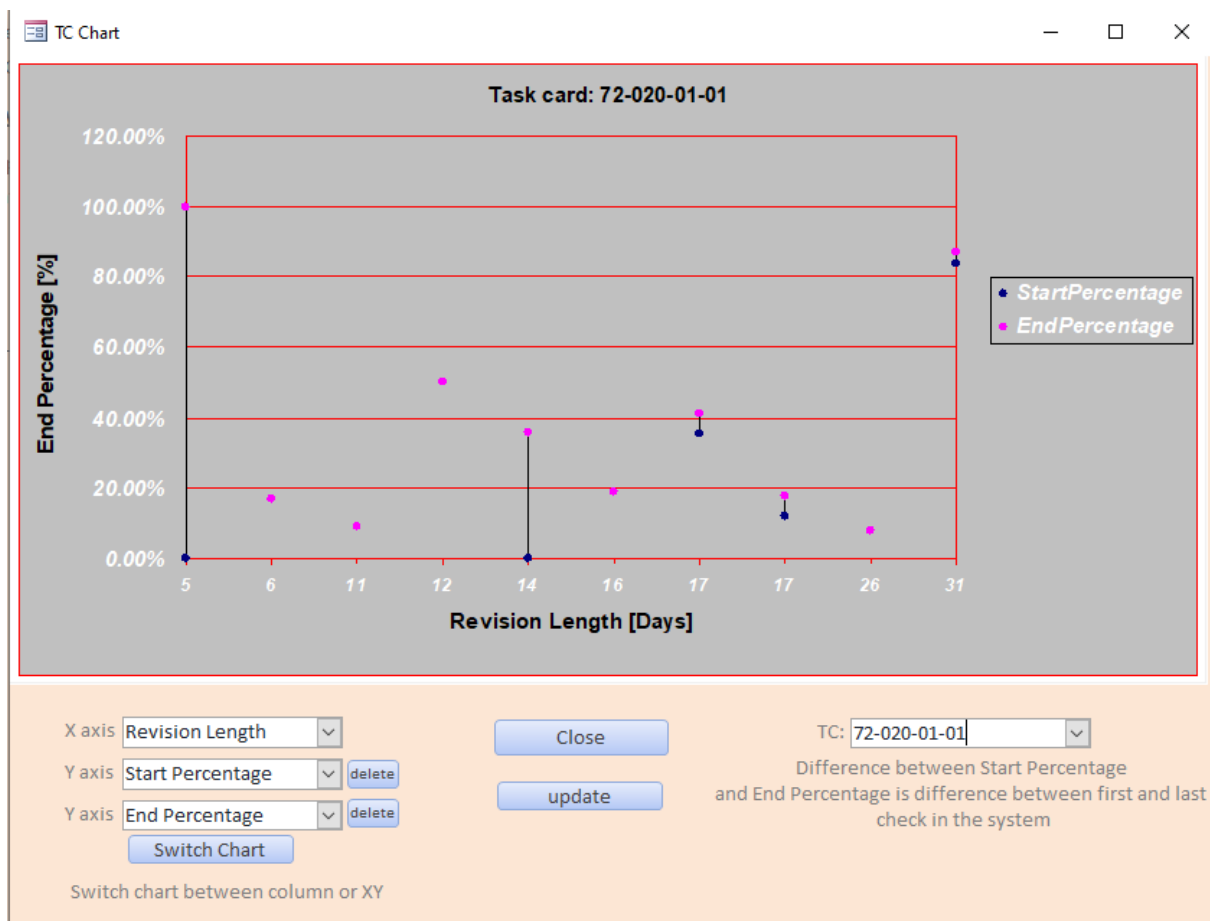
Obrázek 2. Formulář pro analýzu TC. Zdroj: Autor

Za účelem vizuální prezentace těchto dat je ve formuláři graf, který při spuštění zobrazuje na svislé ose procenta, kdy úkony začaly a skončily a na vodorovné ose délku revize seřazenou vzestupně. Uživatel má možnost měnit zobrazované údaje na jednotlivých osách. Celkem může vybírat mezi 5 údaji.

- Délkou revize
- Věkem letadla
- Délkou provedení úkonu
- Procentním začátkem úkonu
- Procentním koncem úkonu

Dále má možnost měnit typ grafu mezi bodovým a sloupcovým. Graf je spárován s formulářem pro analýzu TC a změnou zobrazované TC v grafu dojde i ke změně ve formuláři pro analýzu TC. Ten pro ni vypočítá již zmíněné statistické údaje.

Zdrojem řádků tohoto grafu je dotaz „TestFormDelkaXProc“, tak aby byly zobrazovány pouze vyfiltrované údaje. Na obrázku 3 je tento grafický výstup vyobrazen.



Obrázek 3. Graf pro analýzu TC. Zdroj: Autor

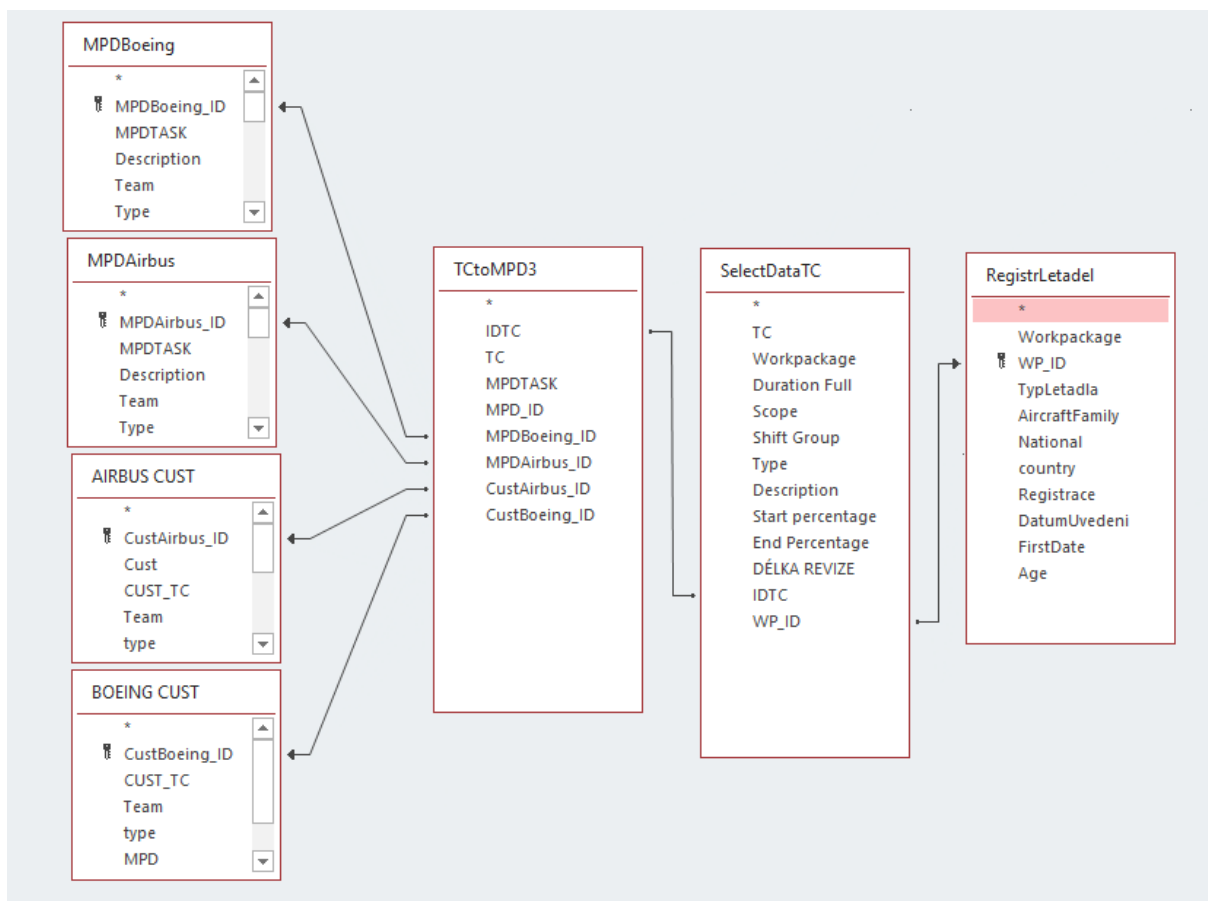
3.1.2 Analýza MPD TASK

Druhý nástroj pro analýzu dat je formulář s názvem „TestForm2“, který se uživateli zobrazí pod názvem „MPD Selector“. Tento formulář umožňuje uživateli vyhledávat jednotlivé MPD TASK a jejich minulý průběh. Obdobně jako ve formuláři pro vyhledávání TC jsou zde MPD TASK seřazeny podle názvu. Filtrovat data lze obdobně jako u TC tedy:

- 1) Délku revize
- 2) Věk letadla v rocích
- 3) Pracovní linku
- 4) Zaměření v tomto případě označené jako „Team“
- 5) Typ letadla
- 6) Typ práce označený jako „Type“. Například „GVI“ tedy „General Visual Inspection“

Formulář je postaven na dotazu, který je v programu označen jako „testForm2DelkaXProc“. Tento dotaz je propojením tabulky „SelectDataTC“, která v sobě obsahuje informace o provedených TC a tabulky „RegistrLetadel“, která přiřazuje každé revizi věk letadla v době jejího započetí. Právě přes identifikátor revize (v tabulce označený jako „WP_ID“) jsou tyto dvě

tabulky propojeny. Dalším propojením je tabulka „TCtoMPD3“, která obsahuje převod TC na MPD TASK a TC na Customized TC. Tato tabulka „TCtoMPD3“ je pak propojena skrze MPD TASK se 4 dalšími tabulkami a to: „MPDAirbus“, ve které jsou obsaženy informace k MPD TASK od letadel Airbus. Pak „Airbus Cust“, která obsahuje upravené TC od uživatelů letadel, kteří si upravují TC. Následně je propojena tabulkou „MPDBoeing“, která obsahuje informace o MPD TASK pro letadla od firmy Boeing a „Boeing Cust“ obsahující upravené TC od uživatelů letadel. Na jednu MPD TASK se může odkazovat několik TC. Například na MPD TASK „52-020-00“ se odkazují 4 TC: „52-020-00-01“, „52-020-00-02“, „52-020-00-03“ a „52-020-00-04“, proto je nutné hledat procentní minimum, kdy MPD TASK začala a procentní maximum, kdy došlo k jejímu ukončení. Poté bylo nutné najít sumu všech „Duration Full“, aby byl nalezen celkový čas strávený na všech TC, které se odkazují na konkrétní MPD TASK. V příkladu výše by to byla suma všech hodin odpracovaných na TC: „52-020-00-01“, „52-020-00-02“, „52-020-00-03“ a „52-020-00-04“, tak by byla nalezena suma všech hodin odpracovaných na MPD TASK „52-020-00“. Definici tohoto dotazu lze upravovat pomocí modulu třídy označené jako „objTF“. Díky tomu je možné aplikovat filtry. Pole se seznamem, ze kterého uživatel volí data, má jako zdroj dat dotaz označený jako „testForm2DelkaXProc2“. Tento dotaz je postaven na dotazu „TestForm2DelkaXProc“ a určuje kolik záznamů dat ke konkrétním MPD TASK existuje v databázi. Na obrázku 4 je znázorněné propojení dat v dotazu "testForm2DelkaXProc".



Obrázek 4. Vizuální prezentace propojení dat v dotazu "testForm2DelkaXProc". Zdroj: Autor

Na základě vybrané MPD TASK uživatelem formulář spočítá pro daný výběr dat průměr, medián a směrodatnou odchylku procentních začátků a konců úkonu, a dále pak spočítá průměr, medián i směrodatnou odchylku pro odpracovanou délku v hodinách („Duration Full“). Formulář je znázorněn na obrázku 5.

Select MPD Task
MPD Task:

Apply Filters for work orders:

Workpackage duration from: to Days
Aircraft's Age from: to years

Shift Group:

Aircraft Type:

Team:

Type:

description:

Selected MPD task informations:

Number of records:

Selected Aircraft type:

Selected Team:

Selected Type:

StDev of Start percent:

StDev of End percent:

Start Median:

End Median:

Average Start Percent:

Average End Percent:

Duration Full median (hh:mm):

Duration Full Avg (hh:mm):

Duration Full StDev (hh:mm):

MPD TASK Description: Lubricate the entry and service door guide plate and arm assemblies, torquetube bushings, the upper and lower hinge arms, gate hinges and the bodytorque tube for the forward entry door only.

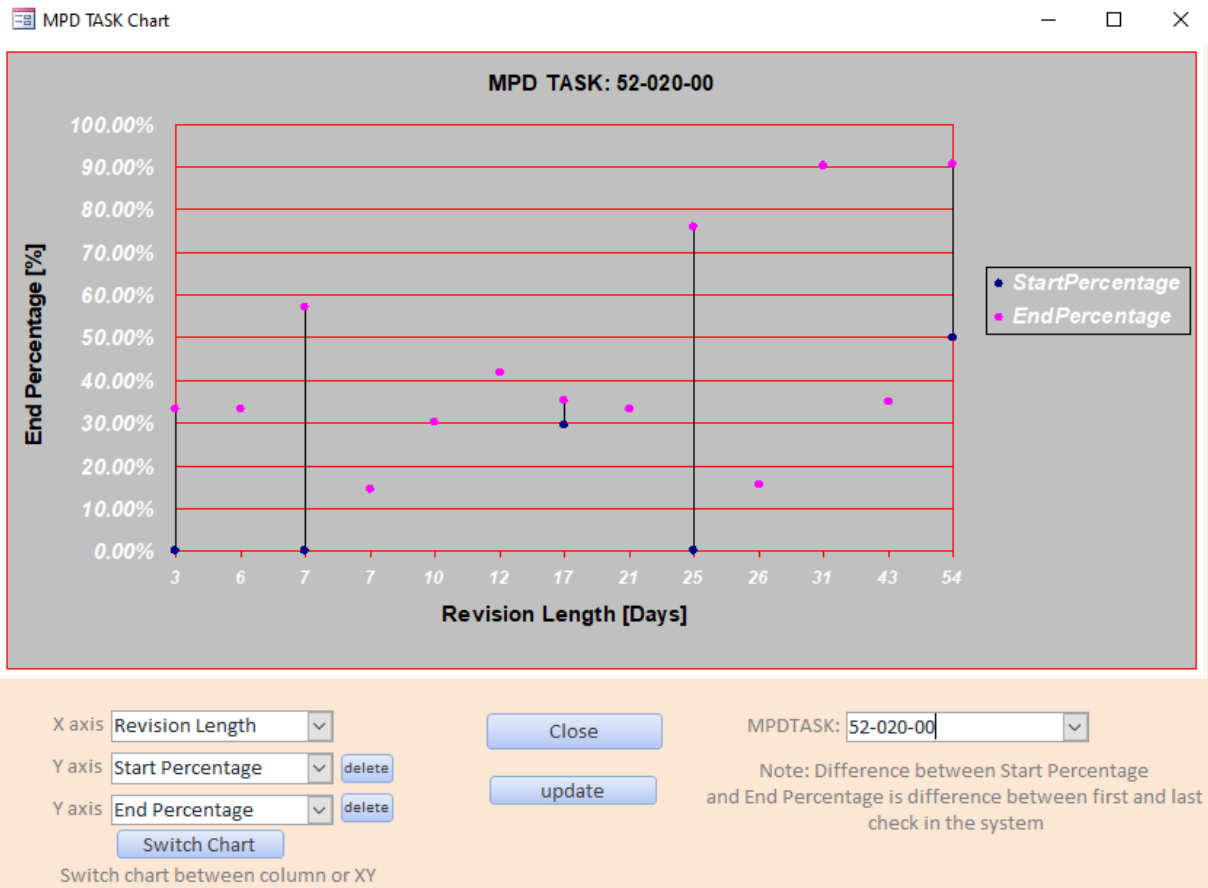
navigation button Open chart that will show current task card

Obrázek 5. Formulář pro analýzu MPD Task. Zdroj: Autor

Hodnoty lze zobrazit na grafu, který uživatel otevře stisknutím tlačítka „Open Chart“. Tento graf je na formuláři, jenž se otevře jako překrývané okno. Uživatel si může sám zvolit, které hodnoty chce na grafu vidět. Např. může zvolit, že chce vidět závislost mezi odpracovanou délkou v hodinách a věkem letadla. Volí ze stejných hodnot jako ve formuláři pro analýzu TC. Tedy:

- Délka revize
- Věk letadla
- Délka provedení úkonu
- Procentní začátek úkonu
- Procentní konec úkonu

Graf je možné přepínat mezi bodovým a sloupcovým. Dále je možné zvolit, kterou MPD TASK chce uživatel zrovna vidět. Změna MPD TASK je spárovaná s formulářem „MPD Selector“. To znamená, že se projeví i na něm a dojde v něm k výpočtu statistik pro konkrétně zvolený úkon, tak aby k nim měl uživatel z grafu okamžitý přístup. Tento graf je znázorněn na obrázku 6.



Obrázek 6. Ukázka grafu MPD Task. Zdroj: Autor

3.1.3 Analýza WO

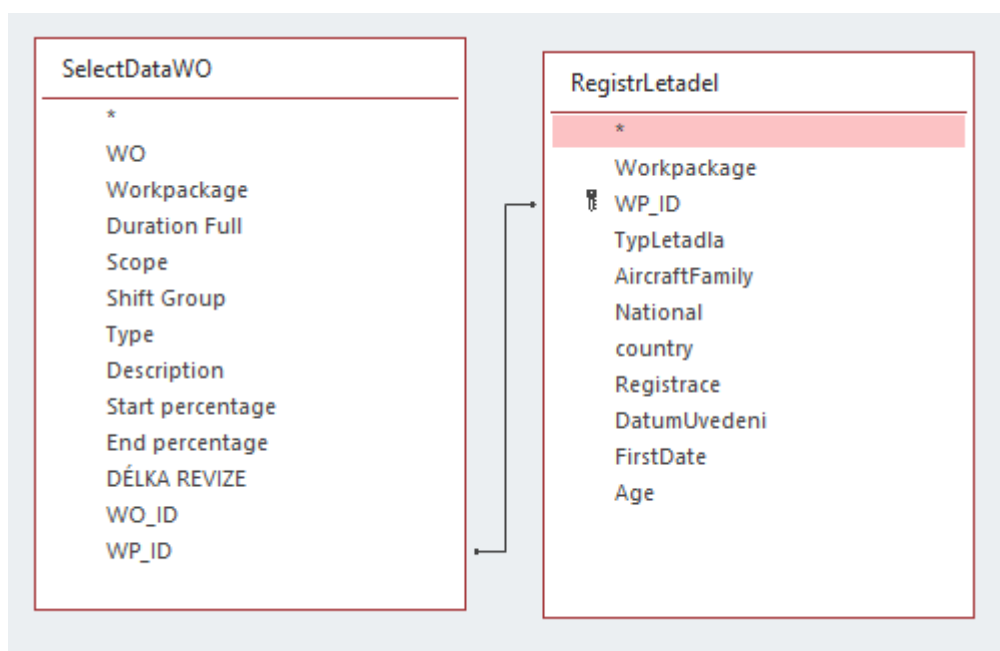
Třetí nástroj pro analýzu dat je formulář v programu označený jako „TestWO“, který se uživateli zobrazuje pod názvem „Work Order Selector“. Tento formulář umožňuje uživateli vyhledávat jednotlivé WO a jejich minulý průběh. U WO lze filtrovat:

- 1) Délku revize
- 2) Věk letadla v rocích
- 3) Pracovní linku
- 4) Zaměření v tomto případě označené jako „Scope“
- 5) Typ letadla
- 6) Typ WO označený jako „Type“. Typ WO lze zvolit „S“ jako „Scheduled“, tedy předem naplánovaný nebo „M“ jako „Maintenance“, což je WO vystavený na základě nálezu.
- 7) Dále lze filtrovat znakový řetězec v popisu WO.

Jelikož každý WO je jedinečný, je jejich sumarizace ztížena. Proto k ní slouží výše zmíněné filtry, kdy se jejich vhodným použitím dají nalézt WO, které jsou obdobné. Hlavním nástrojem, který k tomu lze použít, je vyhledávání specifických znakových řetězců v jejich popisu.

Často se totiž v jejich popisu objevují reference ke specifickým úkonům. Například k určitému servisnímu bulletinu, odkazu na TC, na základě které byl vydán maintenance WO apod.

Formulář je vystaven na základě dotazu označeného jako „TestWOqry1“. Tento dotaz propojuje tabulku „SelectDataWO“, ve které jsou shromážděny údaje o jednotlivých WO a tabulku „registrLetadel“, ve které jsou informace o typu letadla a jeho stáří v rocích během všech revizí. Toto propojení je vizuálně vyobrazeno na obrázku 7. Pomocí formuláře lze v tomto dotazu upravovat jeho definici napsanou v dotazovacím jazyce SQL. Pro tento účel se využívá modulu třídy „objTF“.



Obrázek 7. Vizualizace propojení dat. Zdroj: Autor

Podle zvoleného WO v poli se seznamem, jehož zdrojem řádků je „TestWOqry1“, se uživateli zobrazí informace o zvoleném WO. Těmito informacemi jsou: věk letadla, pracovní linka, typ letadla, zaměření práce, typ WO, procentní začátek a konec práce, celkový počet odpracovaných hodin a popis WO. Dále si může uživatel nechat zobrazit počet WO, které vyhovují jím zvoleným filtrům, směrodatné odchyly, průměry a mediány procentních začátků, konců a celkový počet odpracovaných hodin. Formulář je ukázán na obrázku 8.

Select work order
Work Order:

Apply Filters for work orders:

Inspection length from: to Days
Aircraft's Age from: to years

AircraftType:

Shift Group:

Scope:

Type:

WO find desc:

Information about selected work order:

Selected WO Aircraft's Age:
Selected WO Shift Group:
Selected WO Aircraft Type:
Selected WO Sope:
Selected WO Type:
Current WO Start Percent:
Current WO End Percent:
Selected WO Duration Full (hh:mm):
Selected WO inspection length:
WO Description:

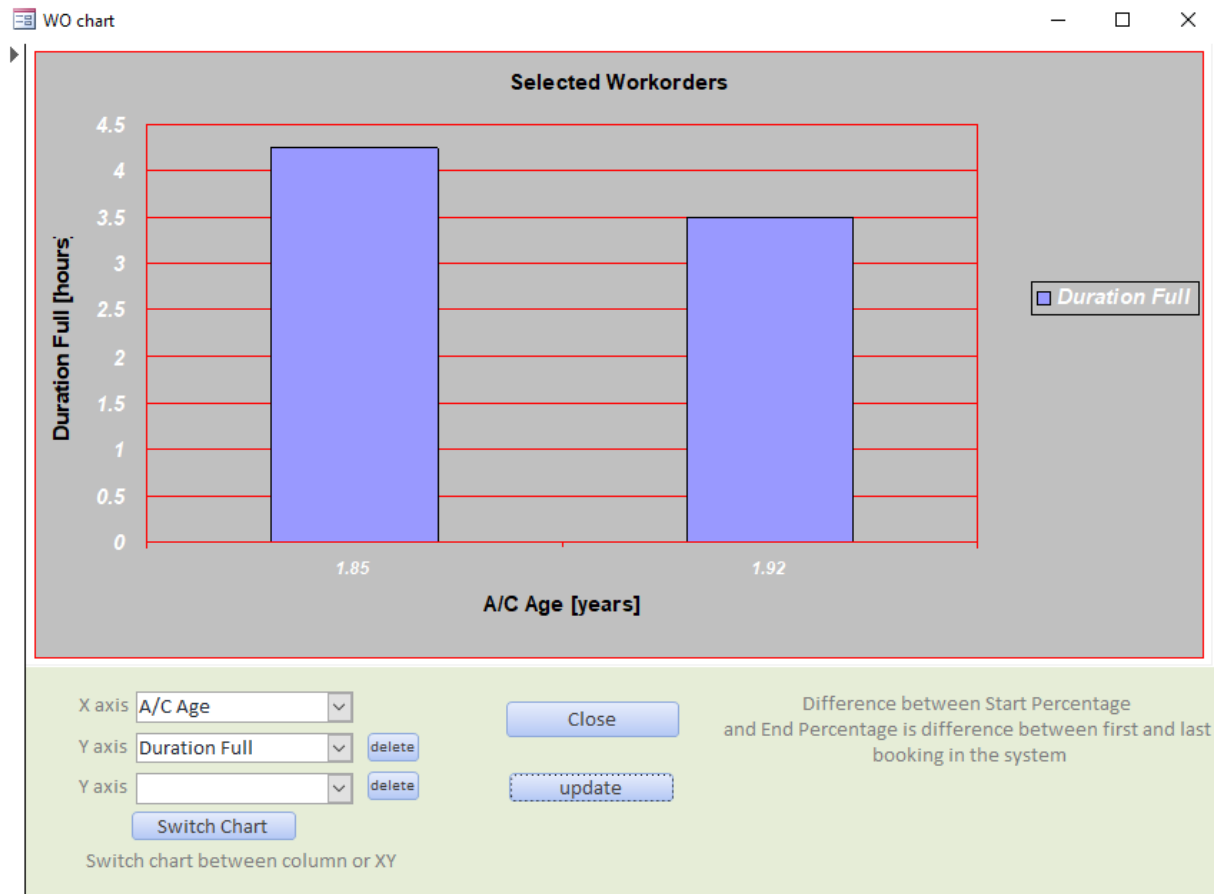
Calculate statistics for all Work orders that match filtering criteria:

Count of all filtered Workorders:	<input type="text" value="2"/>	Duration Full median (hh:mm)	<input type="text" value="3:52:30"/>
Standard deviation of all Start percent:	<input type="text" value="3.03%"/>	Duration Full Avg (hh:mm)	<input type="text" value="3:52:30"/>
Standard deviation of all End percent:	<input type="text" value="3.03%"/>	Duration Full StDev (hh:mm)	<input type="text" value="0:31:49"/>
Average of selected Start Percent:	<input type="text" value="12.14%"/>		
Average of selected End Percent:	<input type="text" value="12.14%"/>		
Start Median:	<input type="text" value="12.14%"/>		
End Median:	<input type="text" value="12.14%"/>		

Navigation button: Open chart that will show all workorders matching the criteri:

Obrázek 8. Formulář pro analýzu WO. Zdroj: Autor

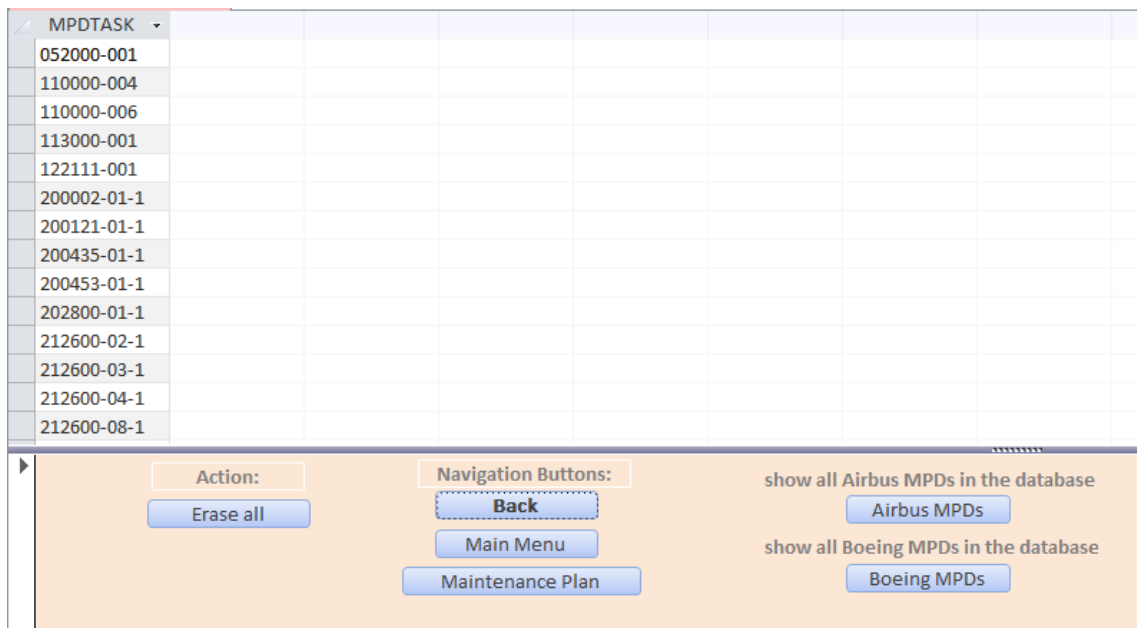
K vizualizaci dat slouží graf, jehož zdrojem dat je již zmíněný dotaz „TestWOqry1“. V tomto grafu jsou vyobrazeny všechny WO, které vyhovují předem zadaným kritériím. Tento graf je zobrazen na obrázku 9.



Obrázek 9. Graf pro analýzu WO. Zdroj: Autor

3.2 Predikce MPD Task a TC

Další nástroj v programu je určen pro tvorbu plánu údržbového prostoje. Tento formulář se uživateli zobrazí pod názvem „Maintenance Plan Creator“. V něm uživatel kliknutím na tlačítko „Import MPD Task(s) for prediction“ otevře formulář, který se mu zobrazí pod názvem „Planned MPD Import“, kam může vložit TC v MPD tvaru, který plánuje použít pro predikci revize. V případě, že nezná MPD tvar, může vložit pouze TC tvar. Formulář „Planned MPD Import“ je zobrazen na obrázku 10.



Obrázek 10. Rozhraní pro vkládání MPD TC, pro které chce uživatel tvořit predikci. Zdroj: Autor

Poté se uživatel tlačítkem „Back“ může vrátit do formuláře „Maintenance Plan Creator“. Dále si může zobrazit všechny TC v MPD tvarech pro letadla typu A320 Family a Boeing 737, které jsou v databázi. Ukázka zobrazení všech TC v MPD tvaru pro letadla typu Boeing 737 je na obrázku 11.

All MPD Task in the database for Boeing

If the database is not able to find any matches for your TC. You might try using reference from here.

Navigation Buttons:

Team: Type: MHrs:

MPD TASK:	<input type="text" value="20-010-01"/>	<input type="text" value="AV/ENG"/>	<input type="text" value="GVI"/>	<input type="text" value="3"/>
Description:	General visual inspection of HIRF/L sensitive wire runs outside the pressure vessel on left side of the airplane. Look for obvious signs of damage and lack of security of the wire runs.			
MPD TASK:	<input type="text" value="20-010-02"/>	<input type="text" value="AV/ENG"/>	<input type="text" value="GVI"/>	<input type="text" value="1"/>
Description:	General visual inspection of HIRF/L sensitive wire runs outside the pressure vessel on right side of the airplane. Look for obvious signs of damage and lack of security of the wire runs.			
MPD TASK:	<input type="text" value="20-020-00"/>	<input type="text" value="AV"/>	<input type="text" value="GVI"/>	<input type="text" value="1"/>
Description:	General visual inspection of HIRF/L sensitive wire runs inside the pressure vessel. Look for obvious signs of damage and lack of security of the wire runs.			
MPD TASK:	<input type="text" value="20-030-01"/>	<input type="text" value="AV/ENG"/>	<input type="text" value="DET"/>	<input type="text" value="1"/>
Description:	Perform a detail visual inspection of the HIRF/L sensitive connectors outside the pressure vessel on the left side of airplane.			
MPD TASK:	<input type="text" value="20-030-02"/>	<input type="text" value="AV/ENG"/>	<input type="text" value="DET"/>	<input type="text" value="1"/>
Description:	Perform a detail visual inspection of the HIRF/L sensitive connectors outside the pressure vessel on the right side of airplane.			

Obrázek 11. Formulář pro zobrazení všech TC v MPD tvaru pro letadla typu B737. Zdroj:

Autor

Stisknutím jednoho z tlačítek „Test Missing“ ve formuláři „Maintenance Plan Creator“ si uživatel může otevřít formulář, ve kterém se mu zobrazí kolik záznamů k jednotlivým MPD Task, které předtím vložil ve formuláři „Planned MPD Import“, existuje v databázi. Rovněž si může zobrazit kolik TC existuje v databázi k těm, které vložil ve formuláři „Planned MPD Import“ anebo si může zobrazit kombinaci obojího. Tedy pokud existuje záznam v MPD tvaru, tak se bere jeho hodnota, a pokud ne, tak se hledá, jestli existuje aspoň v TC tvaru. Hledá se tedy jeho shoda s TC v tabulce „SelectDataTC“. Výpočty predikce využívají dat vzniklých z této kombinace. Formulář „Test Missing“ je možné vidět na obrázku 12.

Missing Taskcard(s) in the database (combined TC and MPD)			
Missing are only those with count 0 in the database			
	Imported TC:		Count in the Database:
Task:	523118-01-2		0
Task:	531133-028 A		0
Task:	531133-028		0
Task:	572148-01-2		1
Task:	572111-001		1
Task:	572041-02-4		1
Task:	533133-01-5		2
Task:	531156-01-1		2
Task:	572038-01-1		2
Task:	572149-01-2		2
Task:	534118-01-4		3
Task:	256652-002		3
Task:	572137-01-2		3
Task:	572050-02-4		5
Task:	528107-01-1		5
Task:	242100-01-1 A		5
Task:	531155-02-2		6
Task:	533188-01-1		6

Obrázek 12. Zobrazení počtu záznamů v databázi ke zvoleným úkonům údržby. Zdroj: Autor

Ve formuláři „Maintenance Plan Creator“ je před výpočtem predikce možné zvolit až 4 filtry, podle kterých se dají selektovat data. Tyto filtry jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3. Filtry predikce

FILTR

DÉLKA REVIZE
VĚK LETADLA
PRACOVNÍ LINKA
TYP LETADLA

Kliknutím na tlačítko „Calculate“ se vypočítají mediány všech procentuálních začátků a konců pracovních úkonů a mediány odpracovaných hodin. Tyto výsledky jsou společně s informací o pracovním zaměření daných úkonů zaneseny do tabulky „TestForm1MPDReportTable“ pomocí přidávacích dotazů. Díky vložení do tabulek je možné dále využívat výsledky těchto početních operací, aniž bychom je museli znovu počítat. Výpočet totiž obvykle trvá kolem 10 sekund. Dále se do tabulky „TestForm1MPDReportTable“ uloží informace o počtu záznamů, ze kterých byl výsledek vypočítán. Tento výsledek je informativního charakteru

a uloží se do tabulky Excel při exportu výsledku. Formulář „Maintenance Plan Creator“ je možné si prohlédnout na obrázku 13.

Select your own criteria:

Workpackage duration from: to Days

Aircraft's Age from: to years

AircraftType:

Shift Group:

set the criteria to default value

test how many records are in the database (MPD)

test how many records are in the database (TC)

Combined (What is truly calculated)

calculate the prediction

Don't forget to re-Calculate your result first!

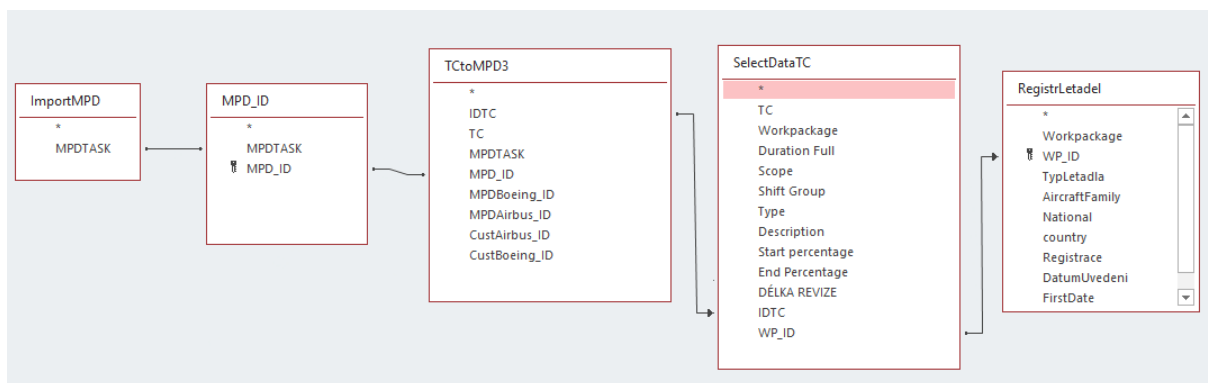
Show calculated values

Exports Predicted Result to Excel Spread Sheet:

Navigation Buttons: select package of MPD Tasks that you want to predict:

Obrázek 13. Formulář pro výpočet predikce. Zdroj: Autor

Filtrování dat ve formuláři pro výpočet predikce je postaveno na dotazu „TestFormDelkaXProc“. Propojení tabulek v dotazu je vyobrazeno na Obrázku 14. SQL kódem tohoto dotazu se manipuluje pomocí modulu třídy „objTF“. Na základě tohoto dotazu jsou pak postaveny přidávací dotazy, ve kterých jsou prováděny výše zmíněné početní operace a probíhá uložení do tabulky „TestForm1TeamResultTable“. Uživatel má pak možnost si tato data zobrazit prostřednictvím dvou formulářů.



Obrázek 14. Vizualizace propojení dat v dotazu "TestFormDelkaXProc". Zdroj: Autor

Ve formuláři „Predicted Tasks“ může uživatel vidět ke všem úkonům predikci. U úkonů, které nebyly zhodnoceny z důvodu chybějícího záznamu v databázi, je výstupní hodnota nastavena na -1 % u začátku a konce úkonu. Délka průběhu je pak nastavena na 0 hodin. Je tomu tak z důvodu snadného odfiltrování těchto výsledků a upozornění uživatele, které úkony nebyly ohodnoceny. Ukázka predikce, tak jak si jí může uživatel zobrazit, je na obrázku 15.

Prediction for each imported MPD Task

Not: There might be missing reference from TC to MPD Task or no TC record in the history

TCs that couldn't be evaluated have Start and End set to -1 and Duration to 0

Navigation Buttons: [Back](#)

Team:	TASK:	Start:	End:	Duration:	Type:
INT	523118-01-2	-1%	-1%	0 hours	DET
	531133-028	-1%	-1%	0 hours	
	531133-028 A	-1%	-1%	0 hours	
INT	212600-04-1	4.16666666666667%	4.76190476190476%	0.25 hours	OPC
INT	215500-01-1	0%	4.16666666666667%	0.25 hours	OPC
AV	242200-01-1	0%	0%	0.26 hours	OPC
AV	342200-01-1	0%	0%	0.3 hours	OPC
AV	243400-01-1	0%	0%	0.325 hours	OPC
INT	212600-03-1	1.11111111111111%	2.96296296296296%	0.33 hours	OPC
INT	212600-02-1	2.94117647058824%	3.2258064516129%	0.33 hours	OPC
INT	215500-02-1	0%	6.25%	0.38 hours	OPC

Obrázek 15. Predikce jednotlivých úkonů. Zdroj: Autor

Uživatel si dále může zobrazit predikci pro určité specializace pracovníků údržby. Pokud uživatel nechce, aby se v predikci uvažovaly úkony, které jsou indikovány hodnotou -1 % doby revize, může tak učinit stisknutím tlačítka „Clear null values“. Ukázka formuláře s predikcí pro určité specializace techniků je na obrázku 16.

Predicted work per team(s)					Navigation Buttons:
		<input type="button" value="Clear null values"/>	Show or hide TC without prediction (-1 start value)		<input type="button" value="Back"/>
Team:	Start:	End:	Total work hours:		
	-1%	100%	28.62 hours		
AV	0%	92.31%	47.08 hours		
CAL	33.33%	69.23%	10 hours		
ENG	0%	92.59%	171.68 hours		
EXT	3.45%	86.41%	129.67 hours		
INT	-1%	88.71%	126.66 hours		
KL	27.27%	33.33%	5.68 hours		
KLE	11.82%	88.19%	6.01 hours		
LAK	97.04%	97.56%	6.54 hours		
LDG	0%	80%	53.96 hours		
Myt	96.3%	96.3%	2.73 hours		
NDT	8.33%	61.9%	30.32 hours		
SEA	5.88%	72.73%	62 hours		
SHM	2.78%	15.3%	5.25 hours		

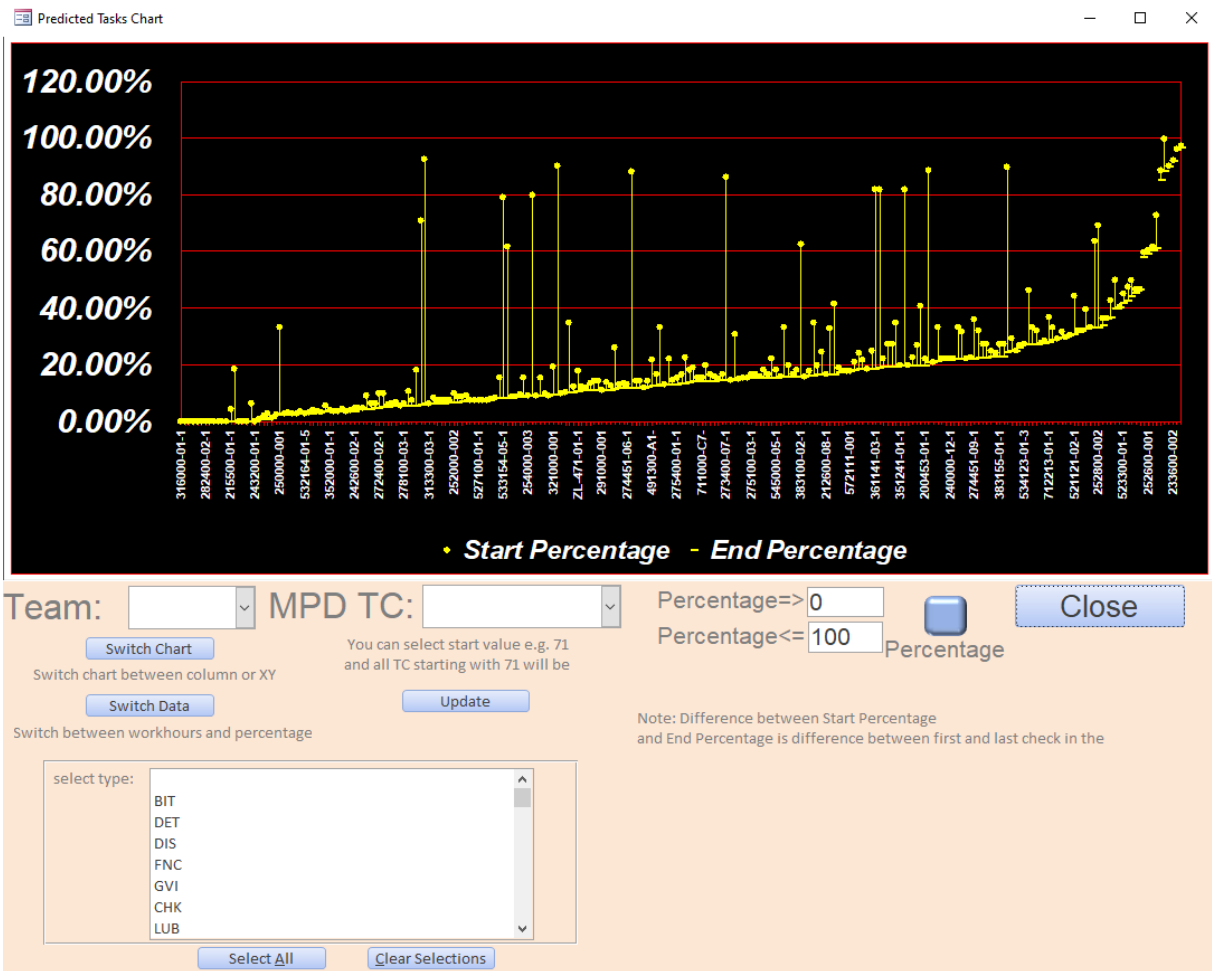
Obrázek 16. Predikce sady úkonů pro určité specializace pracovníků údržby. Zdroj: Autor

Dále výsledek těchto operací může uživatel exportovat do tabulky programu Excel. V té se mu ukáže, kolik stejných úkonů bylo v době výpočtu predikce v databázi, predikce pro jednotlivé úkony a predikce pro jednotlivá pracovní zaměření. Poslední operací, kterou lze s výsledky udělat, je jejich vizualizace v grafech. V programu jsou dva formuláře s grafem. Graf s názvem „Predicted Tasks Chart“ ukazuje predikci všech úkonů a je možné jej vidět na obrázku 17. Z důvodu lepší přehlednosti je v tomto grafu možné odfiltrovat znaky uvedené v tabulce 4.

Tabulka 4. Filtry v grafu „Predicted Tasks Chart“

FILTR	POZNÁMKA
PRACOVNÍ ZAMĚŘENÍ ÚKONU	Specifická specializace pracovníka nutná pro provedení úkonu.
NÁZEV ÚKONU	Lze filtrovat počáteční znaky. Například při aplikaci filtru „72“ se zobrazí jen ty úkony, které začínají číslem 72. Tedy např. 72-10-00
ZAČÁTEK A KONEC ÚKONU	Lze zobrazit jen úkony, které začínají v určitém časovém rozmezí revize. Například úkony, které se provedou mezi 10-20% revize.
TYP ÚKONU	Lze filtrovat specifický typ úkonu. Například aplikací filtru pro úkony „GVI“ se zobrazí jen specifické úkony tzv. „General Visual Inspection“
POČET HODIN	Lze určit rozmezí predikované délky úkonu v hodinách. Například jen ty úkony, jejichž celková délka provedení leží mezi 1 až 2 hodinami.

Uživatel má ve formuláři s grafem možnost přepočítat procenta revize na dny, a to stisknutím tlačítka s popiskem „Percentage“. Jeho stisknutím se popisek tlačítka změní na „Days“ a uživateli se nabídne možnost zvolit počet dnů revize. Podle zvoleného počtu dní se pak přepočítají procenta revize na dny. Dále je možné přepínat mezi dvěma typy grafu, a to grafem bodovým a grafem sloupcovým. Poslední funkcí tohoto grafu je přepínání vyobrazených dat. Přepínat lze mezi zobrazením procentních začátků a konců úkonů údržby a zobrazením délky odpracovaných hodin na jednotlivých úkonech údržby. Přístup formuláře s grafem k datům je zprostředkován prostřednictvím SQL kódu, kterým se pro aplikaci filtrů manipuluje pomocí modulu třídy „objTF“.



Obrázek 17. Graf predikce jednotlivých úkonů. Zdroj: Autor

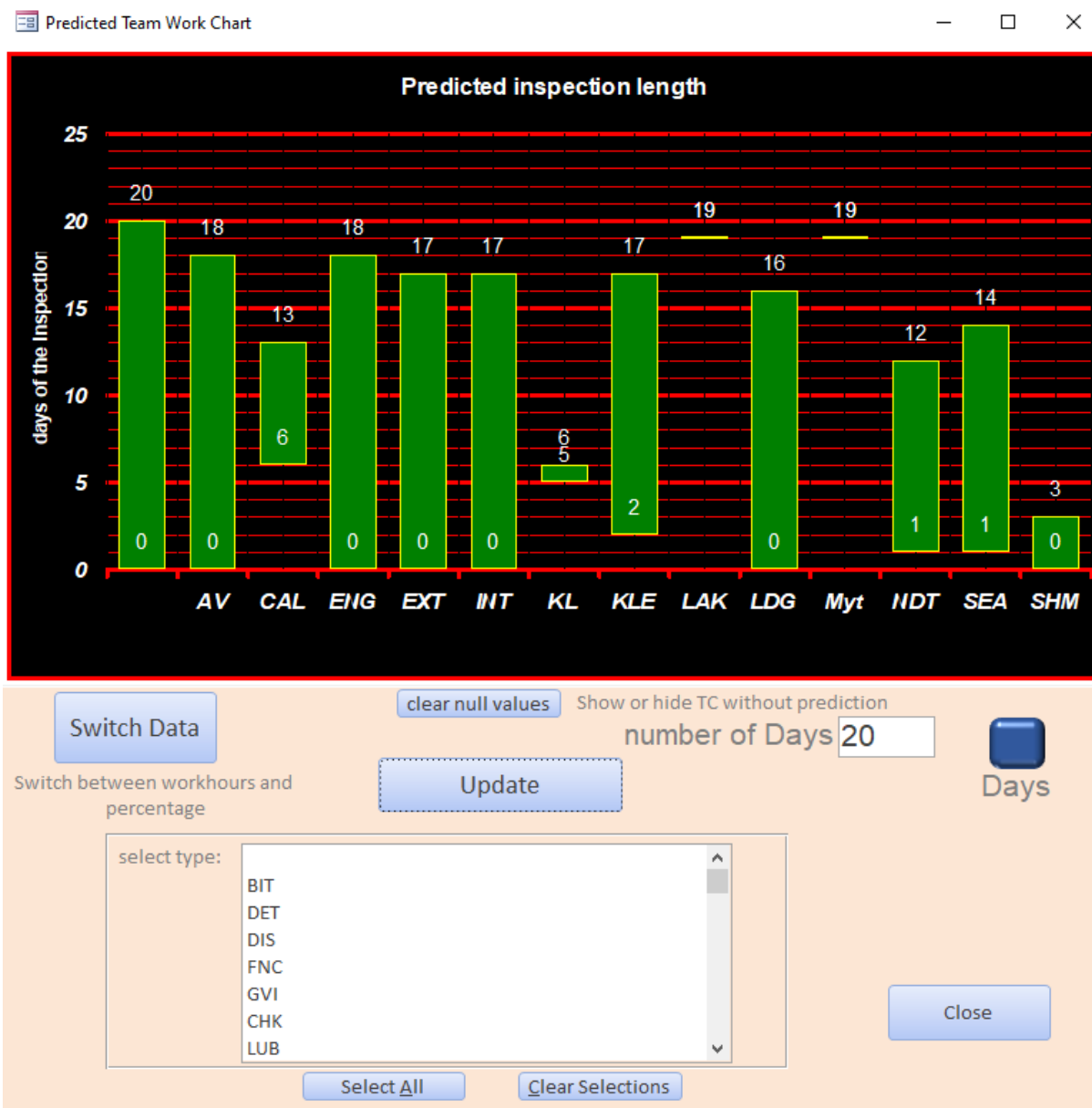
Druhým grafem, který lze zobrazit je graf ukazující začátky a konce úkonů pro specifická zaměření. V tomto grafu je možné tlačítkem „clear null values“ odstranit ty úkony, ke kterým nebyl v databázi ani jeden záznam. Tedy úkony, u nichž je délka provedení ohodnocena jako 0 hodin a procentní začátek i konec je v -1 % revize. Dále lze filtrovat následující hodnotu uvedenou v tabulce 5.

Tabulka 5. Filtry v grafu „Predicted Team Work Chart“

FILTR	POZNÁMKA
TYP ÚKONU	Lze filtrovat specifický typ úkonu. Například aplikací filtru pro úkony „GVI“ se zobrazí jen specifické úkony tzv. „General Visual Inspection“

Uživatel má možnost přepínat mezi zobrazením v procentech revize nebo zobrazením ve dnech. V případě zobrazení ve dnech musí nastavit kolik dní revize trvá, a poté dojde

k přepočtení procent na dny. Graf je ukázán na obrázku 18. Přístup formuláře s grafem k datům je zprostředkován prostřednictvím SQL kódu, kterým se pro aplikaci filtrů manipuluje pomocí modulu třídy „objTF“.



Obrázek 18. Graf provádění úkonů pro specifická zaměření. Zdroj: Autor

3.3 Predikce WO

Posledním nástrojem pro tvoření odhadů budoucí údržby byl formulář pro predikování WO. Jelikož každý WO je unikátní, je nutné při jejich predikci vyselektovat určité znaky, kterými si jsou podobné. Obvykle to je možné díky jejich popisu. Často se v nich opakují specifické řetězce znaků jako například: „SB A320-27-1227“, což je označení pro specifický „Service Bulletin“ (SB). WO, při kterých byl proveden takto specifický SB, je několik. A na tomto základě

se v programu provádí predikce takového úkonu. Dále je v tomto formuláři možné před spuštěním výpočtu predikce aplikovat filtry uvedené v tabulce 6.

Tabulka 6. Filtry při predikci WO

FILTR	POZNÁMKA
PRACOVNÍ LINKA	Může zvolit jen data od určitých pracovních skupin, které ve firmě operují.
TYP LETADLA	Specifický typ letadla
PRACOVNÍ ZAMĚŘENÍ	Určité zaměření práce. Uživatel může zvolit např. úkony jen pro avioniky.
TYP WO	Uživatel může specifikovat, jestli se jednalo o tzv. „Maintenance“, nebo „Scheduled“ WO.
VĚK LETADLA	Věkové rozmezí stáří letadla v době průběhu revize
DÉLKA REVIZE	Rozmezí časové délky revize

Ukázka formuláře pro predikci je na obrázku 19.

Apply Filters for work orders:

Workpackage duration from: to Days

Aircraft's Age from: to years

Shift Group:

AircraftType:

Scope:

Type:

set the criteria to default value

test how many records are in the database for given criteria

calculate the prediction For all work orders that matches the criteria

Don't forget to re-Calculate your result first!

Show calculated values

Exports Predicted Result to Excel Spread Sheet:

Navigation Buttons: Select WO description that you want to calculate prediction for:

Obrázek 19. Formulář pro predikci WO. Zdroj: Autor

Specifické řetězce znaků, pro které chceme vypočítat predikci, se vkládají do formuláře, který se otevře stisknutím tlačítka „Import WO description for prediction“, který je ukázán na obrázku 20. Vedle specifického řetězce znaků lze vložit do pole i „Work Order Scope“, což je určité pracovní zaměření vloženého úkonu. To je důležité pro vyhodnocení výsledku predikce. Na samotný výpočet to však vliv nemá.

Work Order Description	Work Order Scope					
SB A320-27-1227						
SB A320-27-1245						
SB A320-27-1247						
SB A320-27-1248						
A320-32-1441	ENG					
A320-34-1630	ENG					
A320-34-1720						

Action:

[Erase all](#)

Note: If you don't select Scope it will be adjusted automatically from the older data

Navigation Buttons:

[Back](#)

[Main Menu](#)

[Work order prediction](#)

Obrázek 20. Vkládání specifických řetězců znaků pro výpočet predikce

Po vložení specifického řetězce znaků se uživatel stisknutím tlačítka „Back“ vrátí do formuláře „Work Order Prediction“. V něm může stisknutím tlačítka „Test missing“ otevřít formulář, ve kterém je vypočteno, kolik WO v databázi odpovídá daným kritériím. Tento formulář je na obrázku 21.

Count of work orders in the database			Navigation Buttons:
Missing are only those with count 0 in the database			Back
	Imported description:	Count in the Database:	
▶ WO description:	A320-57-1154	0	
WO description:	A320-53-1331	0	
WO description:	A320-57-1192	1	
WO description:	A320-57-1155	1	
WO description:	A320-53-1454	1	
WO description:	A320-52-1152	1	
WO description:	SB A320-27-1245	2	
WO description:	SB A320-27-1247	2	
WO description:	A320-53-1404	3	
WO description:	SB A320-27-1227	3	
WO description:	A320-53-1262	3	
WO description:	A320-55-1046	3	
WO description:	SB A320-27-1248	3	
WO description:	A320-32-1441	4	
WO description:	A320-53-1405	5	
WO description:	A320-55-1048	5	
WO description:	A320-53-1403	5	
WO description:	A320-92-1117	6	

Obrázek 21. Formulář pro výpočet počtu WO v databázi odpovídající daným kritériím. Zdroj:

Autor

Pro výpočet predikce je nutné stisknout tlačítko „Calculate“. Výpočet probíhá tak, že se prostřednictvím modulu třídy „objTF“ vytvoří dotaz, který odpovídá daným filtrům. Všechna kritéria, až na popis (specifický řetězec znaků), jsou fixně daná. Pro každý popis se upraví SQL kód dotazu, aby filtr odpovídal právě vypočítávanému popisu. Po vypočítání predikce pro jednotlivé řetězce znaků se výsledek postupně ukládá do tabulky s výsledkem. Pro výpočet predikce se vypočítávají mediány procentuálních začátků a konců. Dále se vypočítává medián celkové délky práce na úkonu v hodinách. Pro každý popis se tedy musí celý dotaz změnit a znovu spustit, proto je předpovídání WO výpočetně náročnější než predikce TC. Během výpočtu se ukládá specifické zaměření úkonu buď automaticky podle prvního WO v databázi, který odpovídá daným kritériím, nebo podle toho, které zaměření bylo vloženo k danému popisu ve formuláři pro vkládání specifických řetězců znaků pro výpočet predikce. Ukázka kódu v jazyce VBA je na obrázku 22. Na něm je možné vidět „for cyklus“, ve kterém se mění nastavení kritéria popisu pro každý další výpočet.

```

For x = 0 To cycle
  descriptionCrit = rs("[Description]")
  'add filter to query
  WOpred.addCrit7 = "AND ((SelectDataWO.Description) Like " & """" & "" & descriptionCrit & "" & """" & ")"
  WOpred.Update
  Me.Refresh
  'calculate values
  count = DCount("", "WorkOrderPredictionQry1")
  If count > 0 Then
    If IsNull(rs("Scope")) = True Then
      Scope = DLookup("[Scope]", "WorkOrderPredictionQry1")
    Else
      Scope = rs("Scope")
    End If
    AvgStart = Round(Nz(DAvg("[StartPercentage]", "WorkOrderPredictionQry1"), -1), 2)
    AvgEnd = Round(Nz(DAvg("[EndPercentage]", "WorkOrderPredictionQry1"), -1), 2)
    medianStart = Round(DMedianSimple("[StartPercentage]", "WorkOrderPredictionQry1"), 2)
    medianEnd = Round(DMedianSimple("[EndPercentage]", "WorkOrderPredictionQry1"), 2)
    MedianDuration = Round(DMedianSimple("[Duration Full]", "WorkOrderPredictionQry1"), 2)
    AvgDuration = Round(Nz(DAvg("[Duration Full]", "WorkOrderPredictionQry1"), 0), 2)
  Else
    AvgStart = -1
    AvgEnd = -1
    medianStart = -1
    medianEnd = -1
    MedianDuration = 0
    AvgDuration = 0
  End If

  'insert values to result table
  CurrentDb.Execute "INSERT INTO WorkOrderPredictedData ( Description, AvgStart, AvgEnd, MedianStart, MedianEnd, AvgDuration, MedianDuration, Count, Scope )
  & "(" & descriptionCrit & "," & AvgStart & "," & AvgEnd & "," & medianStart & "," & medianEnd & "," & AvgDuration & "," & MedianDuration &
  & "," & Count & "," & Scope & ")"
  rs.MoveNext
Next x

```

Obrázek 22. ukázka části kódu v jazyce VBA pro výpočet predikce WO. Zdroj: Autor

Po vypočtení predikce má uživatel k výsledku přístup pomocí formulářů „Predicted Work Orders“ a „Predicted Work per Scope“. Ve formuláři „Predicted Work Orders“ si uživatel může zobrazit vypočtené hodnoty pro jednotlivé specifické řetězce znaků. To je ukázáno na obrázku 23.

Prediction for each imported description of Work Order								Navigation Buttons:	
Note: Result -1 means that there's no match in the database								<input type="button" value="Back"/>	
Description	AVG Start	AVG End	Median Start	Median End	AVG Duration	Median Duration	Count	Scope	
SB A320-27-1227	10.35	62.4	3.28	52.78	9.22	7.66	3	MECH-EXT	
SB A320-27-1245	24.75	80.81	24.75	80.81	52.81	52.81	2	AVIO	
SB A320-27-1247	41.67	41.67	41.67	41.67	8.02	8.02	2	MECH-EXT	
SB A320-27-1248	51.52	82.83	54.55	81.82	13.35	13.98	3	AVIO	
A320-32-1441	14.98	18.4	16.99	16.99	6.05	6.57	4	ENG	
A320-34-1630	38.95	84.88	40.74	86.11	6.05	5.78	10	ENG	
A320-34-1720	37.16	85.49	33.91	88.39	15.93	12.28	12	AVIO	
A320-34-1744	25.59	73.77	24.75	72.05	28.68	24.1	10	AVIO	
A320-52-1152	43.75	43.75	43.75	43.75	10	10	1	MECH-ENG	
A320-52-1169	17.28	29.65	16.67	22.73	4.15	3.82	17	NDT	

Obrázek 23. Ukázka vypočtených hodnoty pro jednotlivé popisy WO. Zdroj: Autor

Pro zobrazení celkové práce určitého pracovního zaměření slouží formulář „Predicted Work per Scope“. Ten je pak ukázán na Obrázku 24.

Predicted work per Scope				Navigation Buttons:
				Back
	Scope:	Start:	End:	Total work hours:
▶	AVIO	14.29 %	88.39 %	139.22 hours
	ENG	16.99 %	86.11 %	12.35 hours
	MECH-ENG	43.75 %	43.75 %	10 hours
	MECH-EXT	-1 %	88.89 %	91.2 hours
	MECH-INT	17.24 %	59.26 %	71.44 hours
	MECH-LDG	23.91 %	63.89 %	106.87 hours
	NDT	5.88 %	42.11 %	31.44 hours
	SHM	-1 %	74.36 %	345.08 hours

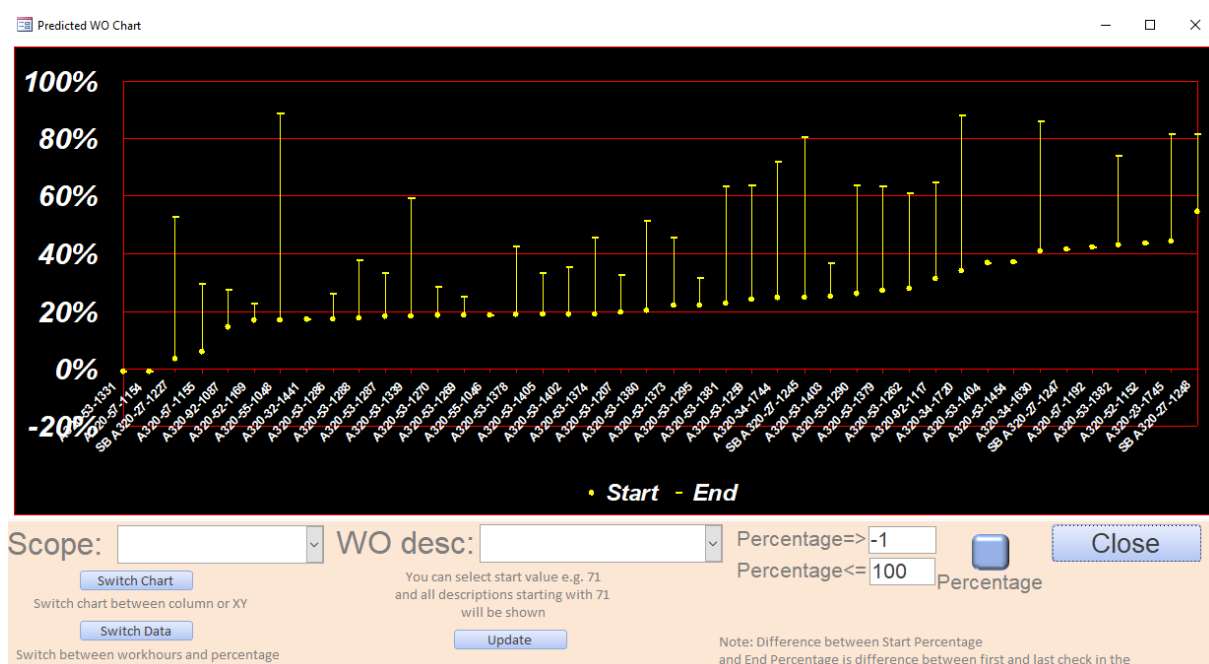
Obrázek 24. Vypočtené hodnoty pro jednotlivá pracovní zaměření. Zdroj: Autor

Dále je možné vypočtené hodnoty zobrazit vizuálně. A to ve formuláři „Predicted WO Chart“ a ve formuláři „Predicted Team Work Chart“. Ve formuláři „Predicted WO Chart“ je možné zobrazit predikci pro jednotlivé WO. Pro názornější zobrazení má uživatel možnost filtrovat následující hodnoty uvedené v tabulce 7.

Tabulka 7. Filtry v grafu „Predicted WO Chart“

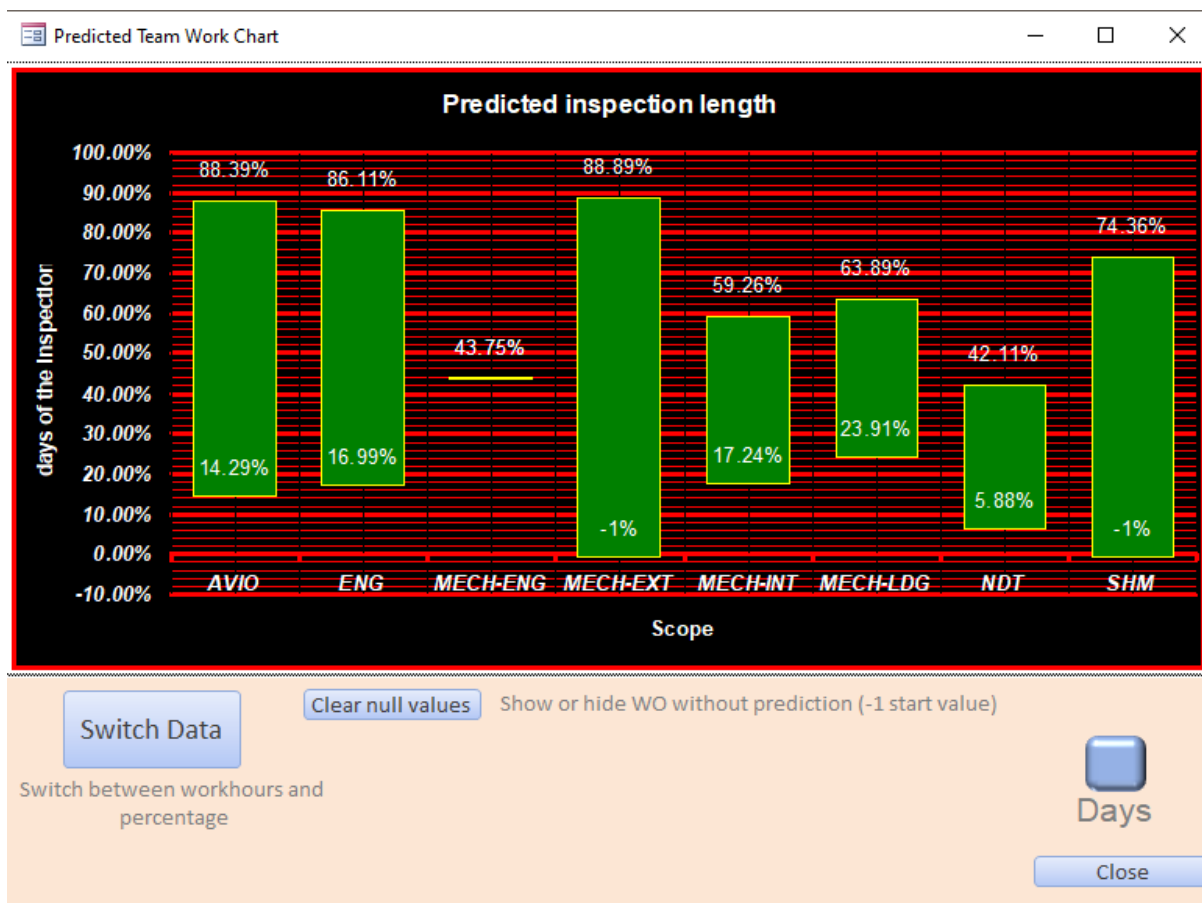
FILTR	POZNÁMKA
ZAMĚŘENÍ PRÁCE	Lze filtrovat jen určitá pracovní zaměření. Například pouze práce pro avioniky.
POPIS WO	Lze filtrovat počáteční znaky ve WO. Například „A320-53“ zobrazí pouze WO, které tímto znakem začínají.
ZAČÁTEK A KONEC ÚKONU	Lze filtrovat část revize. Například pouze ukázat tu část revize, která začíná ve 40 % a končí v 80 %.

Graf lze rovněž přepnout do režimu zobrazení celkově odpracovaných hodin na jednotlivých úkonech. Přepínat lze i mezi zobrazením bodového grafu a grafu sloupcového. Tento graf je na obrázku 25.



Obrázek 25. Vizualizace predikovaných WO. Zdroj: Autor

Ve druhém grafu je možné zobrazit celkový přehled prací pro jednotlivá pracovní zaměření. Rovněž je možné z grafu odstranit úkony s ohodnoceným začátkem v -1 % revize. Dále je možné v grafu přepočítat procenta revize na uživatelem stanovený počet dnů revize. Formulář s tímto grafem je na obrázku 26.



Obrázek 26. Graf predikce WO pro jednotlivá pracovní zaměření. Zdroj: Autor

3.4 Importování dat do databáze

Pro postupné aktualizování dat a jejich nahrání do databáze bylo nutné vytvořit rozhraní, přes které bude mít uživatel možnost nová data nahrát. V databázi existuje celkem pět formulářů učených pro import nových dat. První je označen jako „Import TC/WO (No age)“, druhý „Import TC/WO (Age)“, třetí „Import Aircraft registration“, čtvrtý „TC to MPD import“ a pátý „Import MPD“.

3.4.1 Importování dat bez informace o věku letadla

První formulář („Import TC/WO (No age)“) je určen pro importování záznamů jednotlivých prací ze systému AMOS, které neobsahují informace o typu letadla a jeho stáří v době provedení revize. Jedná se o rozdělený formulář, ve kterém má uživatel přístup k tabulce pro importovaná data. Dále má možnost do ní vložit data z tabulky z programu Excel. Je možné zvolit cestu importu přímo ze souboru nebo zkopírováním ze schránky. Poté, co uživatel vloží data do tabulky, má možnost zahájit jejich importování do databáze. V tuto chvíli databáze zkontroluje podle položky „Booking ID“, jestli se už v databázi tyto záznamy nevyskytují a dá uživateli možnost smazat duplicitní položky. Poté následuje importování záznamů

do tabulky „DATA“, která obsahuje všechny záznamy práce a díky ní lze porovnávat „Booking ID“. Dalším krokem při importu je import do tabulky „SelectDataWO“, kam se importují záznamy o WO. Zde už se počítá procentní začátek, konec a celková hodinová dotace strávená na provádění úkonu. Dále se hledá pracovní linka, které se přiřadí celá revize, a to podle toho, která na jejích pracích strávila největší počet pracovních hodin. Aby se předešlo výsledku, ve kterém odpracuje nejvíce hodin jiná linka, než pracovní linka těžké údržby (nejvíce hodin by totiž mohlo být přiřazeno skupině pracujících v lehké údržbě), tak se při výpočtu uvažují pouze linky jejichž označení začíná „HM_L“. Tím se zaručí, že vždy bude revizi přidělena pouze linka těžké údržby. Pracovní zaměření daných úkonů (označené jako „Scope“) se volí podle toho, které zaměření strávilo jejím vykonáním nejvíce pracovních hodin. Data, jejichž procentuální zápis začátku vzhledem k délce revize přesahuje 100 %, jsou vyřazena. Dále následují importování TC do tabulky „SelectDataTC“, pro která platí stejná pravidla jako pro WO. Důvod tohoto rozdělení a provedení početních operací je ten, aby se usnadnilo jejich další zpracování. Abychom dále mohli zjistit stáří letadla, je v tuto chvíli nutné dodat do tabulky s názvem „WorkpackageStart“ informace o datu, kdy začala revize. Společně s datem revize přidáme i informaci o národní registraci letadla pomocí funkce, která byla vytvořena pro tento účel a je v programu označena pod názvem „Letters3“. Celkovou registraci není vhodné přidávat, protože v některých názvech revize chybí. Nakonec se národní registrace porovnají s tabulkou „Registrace“, ve které jsou obsaženy registrace letadel, jejich typ a datum uvedení do provozu. Bohužel porovnáváním národních registrací je možné, že se najdou dvě stejné, a to povede k chybě. Proto je mnohem vhodnější přidávat data, která už obsahují věk a typ letadla. Dalším krokem je přidání informace o tom, jaký typ letadla a jak staré bylo na začátku revize do tabulky „RegistrLetadel“. Odtud se pak získávají data při dalším zpracování. Předposledním krokem je zjištění, jestli tvar TC neodpovídá některé MPD TC, tak jak je to uvedeno v kapitole 2.5.3. Z hlediska výkonové optimalizace je propojení tabulek při výpočtech v databázi realizováno skrze číselné identifikátory. Z tohoto důvodu je posledním krokem při aktualizování dat v databázi využití aktualizčních dotazů, které přiřadí ve všech dotčených tabulkách správná čísla identifikátorů revize.

3.4.2 Importování dat s informací o věku letadla

Protože později od CSAT přišla data, která obsahovala i informaci o věku a typu letadla, bylo nutné vytvořit platformu pro jejich import do databáze. Tento import dat s dodatečnou informací o typu a věku letadla probíhá obdobně jako bez této informace. Rozdíl spočívá v tom že informace o věku letadla a typu letadla se vkládají přímo do tabulky „RegistrLetadel“. I zde se však data vkládají do tabulky „WorkpackageStart“, protože na jejím základě pak funguje proces importu registrace letadla.

3.4.3 Import registrací letadel

Kvůli tomu, že lze záznamy vkládat i bez registrace, je nutné ji poté doplnit. K tomu v aplikaci slouží rozdělený formulář „Import Aircraft registration“. Do tohoto formuláře se vkládají data stejným způsobem jako v předchozích formulářích. Je nutné zadat tři informace a to: registraci letadla, typ letadla a datum jeho uvedení do provozu. Import probíhá ve třech krocích. V prvním kroku se data nahrají do tabulky „Registrace“. Ve druhém kroku se porovnají registrace z tabulky „Registrace“ s registracemi v tabulce „WorkpackageStart“ a berou se jen shodná pole. V tabulce „WorkpackageStart“ jsou uvedeny všechny názvy revizí a datum jejich začátku. To proto, že hledáme jen ta pole, pro které máme registraci letadla. Současně se tabulka „WorkpackageStart“ porovnává skrze název revize s tabulkou „RegistrLetadel“ a hledají se ty revize, které v tabulce „RegistrLetadel“ chybí. V tabulce „RegistrLetadel“ je ke každé revizi přiřazeno konkrétní letadlo s registrací. Chybějící revize jsou uloženy a následně v této tabulce doplněny. Revize, ke kterým chybí přiřazené letadlo, je možné ve formuláři zobrazit. Ve třetím kroku dojde k aktualizaci identifikačních čísel ve všech dotčených tabulkách.

3.4.4 Import převodů TC to MPD

Další importovanou veličinou jsou převody mezi TC a MPD tvary. K tomu slouží formulář „ImportTCtoMPDfrm“. V tomto formuláři se může uživatel podívat, ke kterým TC neexistuje převodová MPD TASK. Následně tyto MPD TASK může vložit do importovací tabulky obdobným způsobem jako u výše zmíněných importů. Po přidání vztahů a následném odsouhlasení importu do databáze se tyto převodníkové vztahy přidají do tabulky „TCtoMPD3“. Posléze dojde k aktualizaci všech identifikačních čísel v dotčených tabulkách.

3.4.5 Import popisu MPD TASK a Customized TC

Posledním formulářem pro importování dat je formulář „ImportMPD“, který slouží k importování nových MPD TASK a Customized TC. Na začátku si uživatel zvolí, který typ dat chce importovat. Na výběr má následující 4 možnosti. „Airbus MPD“, což jsou úkony pro Airbus, dále „Airbus Custom TC“, což jsou úkony pro Airbus, které si upravil provozovatel letadla. Další možností je „Boeing MPD“, to jsou MPD TASK pro letadla od společnosti Boeing. Poslední možností jsou „Boeing Custom TC“, tedy úkony, které si upravil provozovatel letadla. Po zvolení možnosti může importovat data stejným způsobem jako ve výše zmíněných formulářích. Data se importují do odpovídajících tabulek. K MPD TASK se importují informace o jejím popisu, potřebné odbornosti na daný úkon, typ úkonu a odhadovaný počet hodin, které by úkon měl trvat.

3.5 Třídy a funkce

Za účelem výpočtu mediánu, zpracování dat a programové manipulaci s dotazy napsanými v dotazovacím jazyce SQL bylo nutné využitím jazyka VBA vytvořit potřebné funkce, procedury a třídy objektů. V následující části budou některé z nich zmíněny.

3.5.1 Medián

Statistickou funkcí, která nebyla součástí základního balíčku statistik v prostředí MS Access, je funkce pro výpočet mediánu. Pro tento účel bylo využito funkce napsané Rogerem J. Carlsonem. Tato funkce umožňuje vytvoření SQL kódu, kterým se přistupuje při výpočtu k databázi. Je nutné specifikovat tabulku a zvolit konkrétní pole tabulky, ze kterého se má medián spočítat. Možností je zadat ještě konkrétní kritérium, jaké hodnoty se v poli mají uvažovat. Například je možné zadat konkrétní TC, pro kterou chce uživatel spočítat medián. Na základě těchto vstupů funkce vybuduje SQL kód, kterým si seřadí data od největšího po nejmenší. Poté nalezne v těchto datech prostřední hodnotu a to tak, že vydělí celkový počet záznamů dvěma. Pokud je celkový součet hodnot sudý, pak zprůměruje dvě prostřední hodnoty. [15]

3.5.2 Modul třídy pro úpravu dotazu

Za účelem snadnější úpravy SQL kódu jednotlivých dotazů v programu byl pod názvem „objTF“ vytvořen modul třídy. Do objektu této třídy je možné vkládat řetězce znaků, ze kterých se skládá SQL kód. Konkrétně části kódu začínající „Select“, „From“, „Group By“, „Order By“ a kritérium, které může začínat jako „Where“ nebo „Having“ v případě, že uživatel chce vytvořit v jazyce SQL agregační funkci. V objektu je nutné specifikovat, jakému dotazu má upravit SQL kód. Poté je možné přepsat SQL kód daného dotazu. Dále je možné do dotazu přidávat a odebírat další kód nad ten původně definovaný. Je možné přidat další kód za „Select“, „group by“ a kritérium tedy buďto za „Where“ nebo „Having“. To umožňuje dotaz neustále měnit a aktivně využívat filtry ve formulářích. Tato třída je uvedena v příloze 2.

4 Implementace aplikace v provozu

údržbové organizace

Posledním krokem při tvorbě nástroje bylo porovnání výsledků predikce se skutečně proběhlými revizemi.

4.1 Porovnání predikce

Při výpočtu predikovaných výsledků, které se měly porovnat se skutečnými revizemi, došlo k výpočtu mediánů procentních začátků a konců údržby pro jednotlivé úkony údržby. Dále došlo k výpočtu mediánu počtu hodin odpracovaných na daném úkonu. Nepočítal se však jen medián pro uvedené veličiny, ale i aritmetický průměr. Medián, byl použit kvůli jeho menší ovlivnitelnosti extrémní hodnotou vzniklou při výrazně nestandardním průběhu plnění úkonů revize. [16]

Celkem došlo k otestování 9 revizí. Z toho 3 byly provedeny na letadlech typu Boeing 737 a zbylých 6 na letadlech typu A320 Family. Sledovány byly odchylky mezi predikcí a skutečností. U každé revize se testovali 4 nastavení filtrů uvedené v tabulce 8.

Tabulka 8. Nastavení revize při testování

NASTAVENÍ	FILTR POČTU DNÍ REVIZE	FILTR VĚKU LETADLA
1	0 až 100	0 až 100
2	+ - 2 až 3 dny od skutečné délky revize	0 až 100
3	+ - 2 až 3 dny od skutečné délky revize	+ - 1 rok od skutečného věku
4	0 až 100	+ - 1 rok od skutečného věku

Sledované parametry jsou označeny v tabulce 9.

Tabulka 9. Popis sledovaných hodnot

PARAMETR	POPIS
SUMA VŠECH ODPRACOVANÝCH HODIN (MEDIÁN)	Suma všech odpracovaných hodin vypočítaných metodou mediánu
SUMA VŠECH ODPRACOVANÝCH HODIN (PRŮMĚR)	Suma všech odpracovaných hodin vypočítaných metodou aritmetického průměru
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD ODPRACOVANÝCH HODIN (MEDIÁN)	Průměrná odchylka od odpracovaných hodin na každém jednotlivém úkonu využitím metody mediánu
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD ODPRACOVANÝCH HODIN (PRŮMĚR)	Průměrná odchylka od odpracovaných hodin na každém jednotlivém úkonu využitím metody aritmetického průměru
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD PROCENTNÍHO ZAČÁTKU (MEDIÁN)	Průměrná odchylka jednotlivých úkonů od procentního počátku vypočtených metodou mediánu
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD PROCENTNÍHO ZAČÁTKU (PRŮMĚR)	Průměrná odchylka jednotlivých úkonů od procentního počátku vypočtených metodou aritmetického průměru
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (MEDIÁN)	Směrodatná odchylka průměrných odchylek od procentního začátku vypočtených metodou mediánu
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (PRŮMĚR)	Směrodatná odchylka průměrných odchylek od procentního začátku vypočtených metodou aritmetického průměru
POČET ÚKONŮ	Počet úkonů údržby, které bylo možné predikovat a počet úkonů, které byly skutečně během revize provedeny

POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE (PRŮMĚR)	Počet úkonů vypočtených metodou aritmetického průměru, kde odchylka predikovaného procentního začátku byla horší o víc jak 10 procentních bodů revize
POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE (MEDIÁN)	Počet úkonů vypočtených metodou mediánu, kde odchylka predikovaného procentního začátku byla horší o víc jak 10 procentních bodů revize
POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE V PROCENTECH (PRŮMĚR)	Procentní vyjádření, kolik z predikovaných úkonů bylo predikováno s odchylkou větší jak 10 procent při výpočtové metodě aritmetického průměru.
POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE V PROCENTECH (MEDIÁN)	Procentní vyjádření, kolik z predikovaných úkonů bylo predikováno s odchylkou větší jak 10 procent při výpočtové metodě mediánu.
ODCHYLKA OD SUMY CELKOVÝCH HODIN NA JEDEN ÚKON (PRŮMĚR)	Rozdíl celkové sumy odpracovaných hodin a predikovaných hodin vypočtený metodou průměru dělený počtem úkonů
ODCHYLKA OD SUMY CELKOVÝCH HODIN NA JEDEN ÚKON (MEDIÁN)	Rozdíl celkové sumy odpracovaných hodin a predikovaných hodin vypočtený metodou mediánu dělený počtem úkonů

Za hranici úspěšné predikce byla označena ta, která měla odchylku od skutečného začátku úkonu menší jak 10 % revize. V 5 případech z 9 došlo v tomto ohledu k nejlepšímu výsledku při nastavení délky revize mezi 0-100 dny a věkem letadla mezi 0-100 roky při výpočtové metodě mediánu. V tomto nastavení se pak pro predikci délky trvání jednotlivých úkonů zdála být nejlepší metodou pro predikci metoda mediánu, kdy v 5 případech z 9 došlo k nejnižší odchylce od sumy celkových hodin na jeden úkon. Právě z těchto 2 důvodů byla zvolena výpočtová metoda mediánu pro predikování hodnot. Nejlepší nastavení pro dosažení nejnižšího množství úkonu s přesností horší jak 10 procent je ukázáno v tabulce 10. Pouze v 1 případě z 9 bylo dosaženo nejlepšího výsledku v jiném nastavení než délka revize mezi 0-100 dny a věk letadla mezi 0-100 lety.

Tabulka 10. Podmínky nejnižšího počtu úkonů s přesností horší jak 10 procent revize

ČÍSLO REVIZE	NASTAVENÍ PŘI DOSAŽENÍ NEJLEPŠÍHO VÝSLEDKU
1	0-100 dní & 0-100 let (průměr)
2	0-100 dní & 0-100 let (medián)
3	0-100 dní & 0-100 let (medián)
4	0-100 dní & 0-100 let (medián)
5	0-100 dní & 0-100 let (medián)
6	0-100 dní & 0-100 let (medián)
7	specifický počet dní & specifický počet let
8	0-100 dní & 0-100 let (medián)
9	0-100 dní & 0-100 let (medián)

V tabulce 11 je ukázáno nastavení, při kterém bylo dosaženo nejnižší průměrné odchylky jednoho úkonu.

Tabulka 11. Nejnižší průměrná odchylka

ČÍSLO REVIZE	PODMÍNKY DOSAŽENÍ NEJLEPŠÍHO VÝSLEDKU
1	0-100 dní & 0-100 let (průměr)
2	0-100 dní & 0-100 let (medián)
3	0-100 dní & 0-100 let (průměr)
4	0-100 dní & 0-100 let (medián)
5	0-100 dní & 0-100 let (medián)
6	0-100 dní & 0-100 let (medián)
7	specifický počet dní & specifický počet let
8	0-100 dní & 0-100 let (medián)
9	0-100 dní & 0-100 let (medián)

Průměrná chyba se v nastavení: „0-100 dní & 0-100 let“ při použití metody medián pohybovala mezi 6,63-15,74 procenty revize. Průměrná chyba při použití metody průměru se pak pohybovala mezi 6,66-14,65 procenty revize. Průměrná chyba jednoho úkonu v každé testované revizi při tomto nastavení je ukázána v tabulce 12.

Tabulka 12. Průměrná chyba na jeden úkon

ČÍSLO REVIZE	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA PŘI POUŽITÍ MEDIÁNU	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA PŘI POUŽITÍ PRŮMĚRU
1	10,42 %	9,67 %
2	10,46 %	12,34 %
3	10,57 %	9,66 %
4	9,41 %	11,55 %
5	12,46 %	13,27 %
6	10,00 %	11,31 %
7	15,74 %	14,65 %
8	6,63 %	6,66 %
9	9,19 %	10,27 %

V tabulce 13 je uveden relativní počet úkonů s predikcí horší jak 10 procent revize při nastavení délky revize mezi 0-100 dny a věkem letadla mezi 0-100 roky. V tabulce je uvedeno srovnání výpočtové metody mediánu a průměru. Při použití metody mediánu se chybovost pohybovala od 18 % do 49 % úkonů. Průměr z těchto hodnot udávajících relativní chybu při použití metody mediánu v každé revizi činí 32 % úkonů s odhadem horším jak 10 % revize.

Tabulka 13. Relativní počet úkonů s odchylkou přesahující 10 % revize

ČÍSLO REVIZE	POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 % REVIZE PŘI POUŽITÍ MEDIÁNU	POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 % REVIZE PŘI POUŽITÍ PRŮMĚRU
1	29,92 %	27,56 %
2	35,08 %	47,64 %
3	31,58 %	32,11 %
4	24,69 %	42,80 %
5	33,74 %	39,51 %
6	31,34 %	38,81 %
7	49,25 %	50,08 %
8	18,18 %	18,79 %
9	32,82 %	37,98 %

Při použití jiných nastavení než nastavenou délkou revize mezi 0-100 dny a věkem letadla mezi 0-100 roky, se projevil nižší počet dat a klesal počet úkonů, které byly ohodnoceny. Nejnižšího počtu ohodnocených úkonů bylo dosaženo při nastavení jak odpovídajícímu věku letadla, tak i specifického počtu dní revize podle tabulky 8. Kompletní data z výsledků testů konkrétních revizí jsou ukázána v příloze 1.

5 Závěr

V první části práce byly popsány základní pojmy a metody, které jsou potřeba k uvedení do problematiky predikce a plánování údržby. Byly vylíčeny rozdíly mezi traťovou údržbou a údržbou na základně, základní přístupy k údržbě letadel, informace o programech údržby, popisy základních manuálů pro techniky a informace o dodatečných úkonech, které se během údržby mohou anebo dokonce musí udělat pro zvýšení bezpečnosti či ekonomičnosti provozu.

Hlavním cílem této bakalářské práce však bylo vytvořit nástroj, pomocí kterého bude možné ve firmě CSAT predikovat jednotlivé rutinní úkony prováděné techniky během údržbového prostoje letadla. Za tímto účelem bylo využito programu MS Access. S jeho pomocí byla vytvořena databáze provedených úkonů údržby na základě dat ze systému AMOS, který je v CSAT používán ke sběru dat. K této databázi pak byly vytvořeny formuláře, s jejichž pomocí má uživatel k datům přístup. Díky formulářům má možnost sledovat u jednotlivých TC, jak byly v minulosti provedeny. A to jak v TC tvaru, tak i v MPD tvaru. Dále má možnost podívat se, jak byly provedeny určité WO. U všech výše zmíněných formulářů může data vhodně filtrovat. Další formuláře, kterých může využít, jsou formuláře pro predikování TC a WO. Při jejich predikci má možnost zvolit data, na základě kterých chce predikci provést. U predikování TC má možnost zvolit rozmezí délky revize a věku letadla. Při predikování WO může ještě k tomu specifikovat pracovní zaměření úkonů a jejich typ. Jestli se jedná o předem plánovaný úkon nebo úkon vytvořený na základě nálezu závady. Predikce probíhá výpočtem mediánu ze zvolených úkonů v databázi. Medián byl zvolen, protože v 5 případech z 9 bylo v základním nastavení predikce TC bez specifikování délky revize a věku letadla dosaženo nejlepšího výsledku. V průměru u 32 % úkonů byl predikován začátek s přesností menší jak 10 % průběhu revize. Průměrná chybovost predikce TC se pak pohybovala mezi 6,63-15,74 procenty revize. V jiných nastaveních klesal počet úkonů, ze kterých bylo možné predikci provést, a vliv na celkovou přesnost predikce byl většinou horší než bez specifikování délky revize a věku letadla. V programu má uživatel dále možnost vkládat do databáze nové údaje získané z programu AMOS. Při psaní kódu v jazyce VBA, kterým se ovládají formuláře a tvoří funkce, bylo v editoru využito přes 9000 řádků. Toto číslo zahrnuje i odsazení textu pro přehlednost a vložené komentáře.

Touto prací se podařilo vytvořit základní nástroj pro tvorbu údržbového plánu, který automatizovaně zpracovává data z minulých revizí. Bylo vytvořeno prostředí, ve kterém je možné zobrazit výsledky vypočítaných predikcí, zobrazit data z již provedených revizí a importovat nové údaje do databáze. V tomto nástroji je již možné přidávat nové funkce pro komplexnější metody výpočtu. Na práci se dá navázat dalším rozvojem softwaru,

a to úpravou formulářů, a především přidáváním dalších výpočetních funkcí, které vzniknou hlubší analýzou údržbových dat.

Tato práce rovněž pomohla nastínit možná úskalí, která tvorbu aplikace pro predikování údržbových prostožů letadel mohou provázet. Těmito úskalími jsou nekompletní anebo špatně zapsané údaje v záznamech údržby. Zejména v názvech revize chybějící celá registrace letadla a techniky špatně zapsané údaje o provedení práce. Dalším problémem je hledání propojení mezi TC a TC v MPD tvaru. Překážkou byla i rozdílnost dat, ze kterých databáze vychází. V některých datech byl uveden věk a typ letadla, ale v jiných nikoliv. Dále se při predikování WO objevuje problém v jedinečnosti jejich zápisu. U některých byl však v popisu uveden konkrétní SB či AD nebo jiný název, podle kterého bylo možné úkon identifikovat. Tento název tak musel být nalezen v textu.

Nástroj vytvořený v této práci nastínil možná řešení těchto problémů a úspěšně se jej podařilo implementovat na oddělení produkčního plánování v údržbové organizaci Czech Airlines Technics, kde slouží k predikci rutinních prací na letadle.

Zdroje

- [1] PALMER, Richard D. *Maintenance Planning and Scheduling Handbook* [online]. Second Edition. USA: The McGraw-Hill Companies, ©2006 [cit. 2020-07-15]. DOI: 10.1036/0071457666. Dostupné z: http://mechanical-fet.weebly.com/uploads/2/7/9/3/27933099/_maintenance_handbook.pdf
- [2] BÍNA, Ladislav, David ŠOUREK a Zdeněk ŽIHLA. *Letecká doprava II*. V Praze: Vysoká škola obchodní, 2007. ISBN 978-80-86841-07-6.
- [3] BÍNA, Ladislav, Helena BÍNOVÁ, Jindřich PLOCH a Zdeněk ŽIHLA. *Provozování letecké dopravy a logistika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7402-855-7.
- [4] KANIA, Jan. *Organizace hangárového vybavení traťové údržby*. Konviktská 20, Praha 1, 110 00, 2018. MAGISTERSKÁ PRÁCE. Českého vysokého učení technického v Praze, Fakulta dopravní, Ústav letecké dopravy. Vedoucí práce David Hůlek. (str. 29)
- [5] ŽEŽULA, Jiří. Provoz a údržba letadel. *Flying revue* [online]. 2019, 12.2.2019 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://www.flying-revue.cz/provoz-a-udrzba-letadel>
- [6] *The Maintenance Planning Document (MPD)* [online]. 2017, 24.2.2017 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://aeracle.com/2017/02/24/the-maintenance-planning-document-mpd/>
- [7] *Maintenance Review Board*. In: . European Aviation Safety Agency, 2016, PR.CSERV.00003-003. Dostupné z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/PR.CSERV_.00003_0.pdf
- [8] ROBELIN, Olivier. *Maintenance Review Board Process (MRB) And Instructions for Continued Airworthiness* [online]. Cologne, 19/01/2010 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ws_prod-g-doc-Events-2010-jan-19-Ref-9.-MRB-process.pdf
- [9] Maintenance Steering Group-3 (MSG-3). *SKYBrary* [online]. 2011, 4.8.2019 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Maintenance_Steering_Group-3_\(MSG-3\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Maintenance_Steering_Group-3_(MSG-3))
- [10] JEPPESEN SANDERSON INC. *A&P Technician General Textbook*. 4. 55 Inverness Drive East Englewood, CO 80112-5498: Jeppesen Sanderson, 1996, 1997, 1999, 2000. ISBN 0-88487-203-3. (14-12)

- [11] *Aviation Maintenance Technician Handbook– General* [online]. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2018 [cit. 2020-07-15]. FAA-H-8083-30A. Dostupné z: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/amt_general_handbook.pdf
- [12] CRANE, Dale. *Dictionary of Aeronautical Terms*. Third Edition. 7005 132nd Place SE Newcastle, Washington 98059-3153: Aviation Supplies & Academics, ©1991-1997. ISBN 1-56027-287-2.
- [13] USA. Federal Aviation Administration Advisory Circular 25-19A. In: . 2011. Dostupné z: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_25-19A.pdf
- [14] BRLICA, Pavel. *Management spolehlivosti*. Brno, 2016. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=127019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Ing. Hana Opočenská.
- [15] CARLSON, Roger.J. *How do I calculate a Median in Access?* [online]. In: . 2011 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: http://rogersaccessblog.blogspot.com/2011/10/how-do-i-calculate-median-in-access_10.html
- [16] KLADIVO, Petr. *Základy statistiky* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci Přírodovědecká fakulta, 2013 [cit. 2020-07-15]. ISBN 978-80-244-3842-9. Dostupné z: <https://geography.upol.cz/soubory/studium/e-ucebnice/978-80-244-3842-9.pdf>

Seznam obrázků

Obrázek 1. Vizualizace propojení tabulek v dotazu "TestFormDelkaXProc". Zdroj: Autor	28
Obrázek 2. Formulář pro analýzu TC. Zdroj: Autor.....	29
Obrázek 3. Graf pro analýzu TC. Zdroj: Autor	30
Obrázek 4. Vizualizace propojení dat v dotazu "testForm2DelkaXProc". Zdroj: Autor.....	32
Obrázek 5. Formulář pro analýzu MPD Task. Zdroj: Autor	33
Obrázek 6. Ukázka grafu MPD Task. Zdroj: Autor	34
Obrázek 7. Vizualizace propojení dat. Zdroj: Autor	35
Obrázek 8. Formulář pro analýzu WO. Zdroj: Autor	36
Obrázek 9. Graf pro analýzu WO. Zdroj: Autor.....	37
Obrázek 10. Rozhraní pro vkládání MPD TC, pro které chce uživatel tvořit predikci. Zdroj: Autor.....	38
Obrázek 11. Formulář pro zobrazení všech TC v MPD tvaru pro letadla typu B737. Zdroj: Autor.....	39
Obrázek 12. Zobrazení počtu záznamů v databázi ke zvoleným úkonům údržby. Zdroj: Autor.....	40
Obrázek 13. Formulář pro výpočet predikce. Zdroj: Autor	41
Obrázek 14. Vizualizace propojení dat v dotazu "TestFormDelkaXProc". Zdroj: Autor	42
Obrázek 15. Predikce jednotlivých úkonů. Zdroj: Autor	42
Obrázek 16. Predikce sady úkonů pro určité specializace pracovníků údržby. Zdroj: Autor .	43
Obrázek 17. Graf predikce jednotlivých úkonů. Zdroj: Autor.....	45
Obrázek 18. Graf provádění úkonů pro specifická zaměření. Zdroj: Autor	46
Obrázek 19. Formulář pro predikci WO. Zdroj: Autor	47
Obrázek 20. Vkládání specifických řetězců znaků pro výpočet predikce	48
Obrázek 21. Formulář pro výpočet počtu WO v databázi odpovídající daným kritériím. Zdroj: Autor.....	49
Obrázek 22. ukázka části kódu v jazyce VBA pro výpočet predikce WO. Zdroj: Autor	50
Obrázek 23. Ukázka vypočtených hodnoty pro jednotlivé popisy WO. Zdroj: Autor.....	50
Obrázek 24. Vypočtené hodnoty pro jednotlivá pracovní zaměření. Zdroj: Autor	51
Obrázek 25. Vizualizace predikovaných WO. Zdroj: Autor	52
Obrázek 26. Graf predikce WO pro jednotlivá pracovní zaměření. Zdroj: Autor	53

Seznam tabulek

Tabulka 1. Záznamy z údržby	23
Tabulka 2. Tvary názvů revize	25
Tabulka 3. Filtry predikce	40
Tabulka 4. Filtry v grafu „Predicted Tasks Chart“	44
Tabulka 5. Filtry v grafu „Predicted Team Work Chart“	45
Tabulka 6. Filtry při predikci WO	47
Tabulka 7. Filtry v grafu „Predicted WO Chart“	51
Tabulka 8. Nastavení revize při testování	57
Tabulka 9. Popis sledovaných hodnot.....	58
Tabulka 10. Podmínky nejnižšího počtu úkonů s přesností horší jak 10 procent revize.....	60
Tabulka 11. Nejnižší průměrná odchylka	60
Tabulka 12. Průměrná chyba na jeden úkon	61
Tabulka 13. Relativní počet úkonů s odchylkou přesahující 10 % revize.....	62

Seznam příloh

Příloha 1	70
Výsledky testování predikce	70
Příloha 2	83
Kód modulu třídy	83
Ukázka části kódu z formuláře pro predikci TC využívající modulu třídy „ObjTF“	87

Příloha 1

V první příloze jsou uvedeny kompletní výsledky testování predikce.

Výsledky testování predikce

V následující tabulce jsou označení všech testovaných veličin včetně jejich zkratk:

Tabulka označení zkratk testovaných veličin

PARAMETR	POPIS	ZKRATKA
SUMA VŠECH SKUTEČNĚ ODPRACOVANÝM HODIN	suma všech skutečně odpracovaných hodin na všech úkonech během revize	SVOH
SUMA VŠECH ODPRACOVANÝCH HODIN (MEDIÁN)	Suma všech odpracovaných hodin vypočítaných metodou mediánu.	SVOHM
SUMA VŠECH ODPRACOVANÝCH HODIN (PRŮMĚR)	Suma všech odpracovaných hodin vypočítaných metodou aritmetického průměru.	SVOHP
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD ODPRACOVANÝCH HODIN (MEDIÁN)	Průměrná odchylka od odpracovaných hodin na každém jednotlivém úkonu využitím metody mediánu.	POOHM
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD ODPRACOVANÝCH HODIN (PRŮMĚR)	Průměrná odchylka od odpracovaných hodin na každém jednotlivém úkonu využitím metody aritmetického průměru.	POOHP

PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD PROCENTNÍHO ZAČÁTKU (MEDIÁN)	Průměrná odchylka jednotlivých úkonů od procentního počátku vypočtených metodou mediánu.	POPZM
PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA OD PROCENTNÍHO ZAČÁTKU (PRŮMĚR)	Průměrná odchylka jednotlivých úkonů od procentního počátku vypočtených metodou aritmetického průměru.	POPZP
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (MEDIÁN)	Směrodatná odchylka Průměrných odchylek od procentního začátku vypočtených metodou mediánu	SOM
SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (PRŮMĚR)	Směrodatná odchylka Průměrných odchylek od procentního začátku vypočtených metodou aritmetického průměru	SOP
POČET ÚKONŮ	Počet úkonů údržby, které bylo možné predikovat a počet úkonů, které se skutečně během revize provedli.	PÚ
POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE (PRŮMĚR)	Počet úkonů vypočtených metodou aritmetického průměru, kde odchylka predikovaného procentního začátku byla horší o víc jak 10 procentních bodů revize.	PÚPH10%P

<p>POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE (MEDIÁN)</p>	<p>Počet úkonů vypočtených metodou mediánu, kde odchylka predikovaného procentního začátku byla horší o víc jak 10procentních bodů revize.</p>	<p>PÚPH10%M</p>
<p>POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE V PROCENTECH (PRŮMĚR)</p>	<p>Procentní vyjádření, kolik z predikovaných úkonů bylo predikováno s odchylkou větší, jak 10 procent. Při výpočtové metodě aritmetického průměru.</p>	<p>PÚPH10P%</p>
<p>POČET ÚKONŮ S PREDIKCÍ HORŠÍ JAK 10 PROCENT REVIZE V PROCENTECH (MEDIÁN)</p>	<p>Procentní vyjádření, kolik z predikovaných úkonů bylo predikováno s odchylkou větší, jak 10 procent. Při výpočtové metodě mediánu.</p>	<p>PÚPH10M%</p>
<p>ODCHYLKA OD SUMY CELKOVÝCH HODIN (PRŮMĚR)</p>	<p>Rozdíl celkové sumy odpracovaných hodin a predikovaných hodin vypočtený metodou průměru</p>	<p>OSCHP</p>
<p>ODCHYLKA OD SUMY CELKOVÝCH HODIN (MEDIÁN)</p>	<p>Rozdíl celkové sumy odpracovaných hodin a predikovaných hodin vypočtený metodou mediánu</p>	<p>OSCHP</p>

ODCHYLKA OD SUMY CELKOVÝCH HODIN NA JEDEN ÚKON (PRŮMĚR)	Rozdíl celkové sumy odpracovaných hodin a predikovaných hodin vypočtený metodou průměru dělený počtem úkonů.	OSCH1P
ODCHYLKA OD SUMY CELKOVÝCH HODIN NA JEDEN ÚKON (MEDIÁN)	Rozdíl celkové sumy odpracovaných hodin a predikovaných hodin vypočtený metodou mediánu dělený počtem úkonů.	OSCH1M

Dále jsou ukázány tabulky kompletních výsledků porovnání predikce revize a skutečného průběhu.

Délka revize	věk letadla	typ letadla	Číslo revize	počet úkonů v revizi
14 dní	20 let	A320 family	1	255

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
736.116667	652.595	733	10.42031116	9.689538808	1.026450131	1.181824147	13.31098544	11.55588453

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
254	70	76	0.275590551	0.299212598	-83.52166667	-3.116666667	-0.328825459	-0.012270341

nastavení 10-16 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
684.983333	593.37	648	9.710552877	10.19126328	1.105082645	1.206818182	12.87473293	12.11080261

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
242	80	68	0.330578512	0.280991736	-91.61333333	-36.98333333	-0.378567493	-0.152823691

nastavení 10-16 dní 19-21 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
499.7	447.08	444	12.51468515	12.59116541	1.567609649	1.595394737	15.41185738	15.42743303

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
152	58	58	0.381578947	0.381578947	-52.62	-55.7	-0.346184211	-0.366447368

nastavení 0-100 dní 19-21 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
586.8	531.53	554	12.49616814	12.48768473	1.240623974	1.320689655	15.21340848	15.14362852

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
203	83	81	0.408866995	0.399014778	-55.27	-32.8	-0.27226601	-0.161576355

Délka revize	věk letadla	typ letadla	Číslo revize	počet úkonů v revizi
15 dní	19 let	A320 family	2	195

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
571.8	607.25	669	10.46485611	12.34031414	1.847382199	1.880279232	13.45441939	11.94764202

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
191	91	67	0.476439791	0.35078534	35.45	97.2	0.185602094	0.508900524

nastavení 12-17 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
442.2	458.22	506	13.89319037	14.92682927	1.696036585	1.79004065	15.29985689	14.84337905

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
164	87	74	0.530487805	0.451219512	16.02	63.8	0.097682927	0.38902439

nastavení 12-17 dní 18-20 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
134.9	152.41	156	13.74509804	13.78333333	1.514722222	1.61	14.0557383	14.05528833

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
60	30	30	0.5	0.5	17.51	21.1	0.291833333	0.351666667

nastavení 0-100 dní 18-20 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
535.2	604.01	668	11.94645791	12.59925094	2.044044944	2.272659176	14.42310859	12.55493188

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
178	79	69	0.443820225	0.387640449	68.81	132.8	0.386573034	0.746067416

Délka revize 11 dní	věk letadla 16 let	typ letadla A320 family	Číslo revize 3	počet úkonů v revizi 192
------------------------	-----------------------	----------------------------	-------------------	-----------------------------

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
506.9833333	487.45	559	10.57200141	9.658373206	1.352350877	1.494122807	13.86865128	11.97997597

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
190	61	60	0.321052632	0.315789474	-19.53333333	52.01666667	-0.102807018	0.27377193

nastavení 8-14 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
493.65	488.08	541	10.73873666	10.9555336	1.601557971	1.65317029	14.30136942	12.30643744

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
184	67	56	0.364130435	0.304347826	-5.57	47.35	-0.030271739	0.257336957

nastavení 8-14 dní 15-17 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
463.4666667	493.5	521	11.21286393	10.6368984	1.749647059	1.843529412	13.09872679	11.74975222

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
170	56	58	0.329411765	0.341176471	30.03333333	57.53333333	0.176666667	0.338431373

nastavení 0-100 dní 15-17 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
484.05	490.15	541	11.74528426	10.47242084	11.74528426	10.47242084	14.14891441	11.5413836

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
178	59	62	0.331460674	0.348314607	6.1	56.95	0.034269663	0.31994382

Délka revize	věk letadla	typ letadla	Číslo revize	počet úkonů v revizi
11 dní	19 let	A320 family	4	243

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
716.7166667	686.2	754	9.414783349	11.54954099	1.246419753	1.330658436	13.86833667	12.60255495

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
243	104	60	0.427983539	0.24691358	-30.51666667	37.28333333	-0.12558299	0.153429355

nastavení 8-14 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
694.95	661.4	710	12.12842472	14.0632107	1.405072464	1.450942029	14.74123013	13.17840025

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
230	129	87	0.560869565	0.37826087	-33.55	15.05	-0.145869565	0.065434783

nastavení 8-14 dní 18-20 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
437.9666667	446.45	447	18.37162837	18.41437729	1.322936508	1.369444444	17.90190389	17.87494288

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
168	90	90	0.535714286	0.535714286	8.483333333	9.033333333	0.050496032	0.053769841

nastavení 0-100 dní 18-20 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
622.5666667	684.13	741	10.63444358	11.26746648	1.401131498	1.605504587	14.52582463	13.41240782

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
218	80	65	0.366972477	0.298165138	61.56333333	118.4333333	0.282400612	0.543272171

Délka revize	věk letadla	typ letadla	Číslo revize	počet úkonů v revizi
12 dní	19 let	A320 family	5	243

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
714.3166667	735.81	822	12.45865105	13.27160494	1.5421262	1.583744856	18.19906293	15.85512733

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
243	96	82	0.395061728	0.33744856	21.49333333	107.6833333	0.088449931	0.443141289

nastavení 9-15 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
702.5333333	694.825	760	14.43201406	15.21988796	1.605091036	1.592296919	19.0061729	16.71917793

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
238	123	98	0.516806723	0.411764706	-7.708333333	57.46666667	-0.032387955	0.241456583

nastavení 9-15 dní 18-20 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
488.4333333	516.6	517	18.72505543	18.76829268	1.597418699	1.618292683	18.89808771	18.90983803

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
164	91	91	0.554878049	0.554878049	28.16666667	28.56666667	0.171747967	0.174186992

nastavení 0-100 dní 18-20 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
641.5333333	718.81	790	13.7353188	14.38666667	1.602177778	1.748444444	18.69469253	16.91587847

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
225	103	87	0.457777778	0.386666667	77.27666667	148.4666667	0.343451852	0.659851852

Délka revize	věk letadla	typ letadla	Číslo revize	počet úkonů v revizi
18 dní	2 roky	A320 family	6	203

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
517.4666667	486.765	567	10.00091355	11.31066888	1.06566335	1.143946932	13.34637411	12.07452332

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
201	78	63	0.388059701	0.313432836	-30.70166667	49.53333333	-0.15274461	0.246434494

nastavení 15-19 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
510.4666667	514.935	567	10.60698292	11.61734694	1.196743197	1.326530612	14.95161586	13.95964514

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
196	74	66	0.37755102	0.336734694	4.468333333	56.53333333	0.022797619	0.288435374

nastavení 15-19 dní 0-3 let není dostatek dat

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P

nastavení 0-100 dní 0-3 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
487.6333333	498.575	513	13.44736842	13.9502924	1.182798246	1.164210526	13.2753365	12.99969845

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
190	96	99	0.505263158	0.521052632	10.94166667	25.36666667	0.057587719	0.133508772

Délka revize 17 dní	věk letadla 10 let	typ letadla B737	Číslo revize 7	počet úkonů v revizi 605
------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	-----------------------------

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
1464.916667	1317.16	1566	15.74224575	14.65239752	1.203056018	1.356711037	17.10099438	14.7861288

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
601	301	296	0.500831947	0.492512479	-147.7566667	101.0833333	-0.245851359	0.168191902

nastavení 15-20 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
1399.75	1225.37	1364	13.40647248	13.00531084	1.215452463	1.323510882	15.49204646	14.55663297

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
582	271	269	0.465635739	0.462199313	-174.38	-35.75	-0.299621993	-0.061426117

nastavení 15-20 dní 9-11 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
1366.8	1248.28	1335	12.80188049	12.47246424	1.217522604	1.362748644	14.42779821	14.09586886

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
553	239	258	0.432188065	0.466546112	-118.52	-31.8	-0.214321881	-0.057504521

nastavení 0-100 dní 9-11 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
1403.75	1319.61	1543	14.67956823	14.01298701	1.263184165	1.504388985	15.21580712	14.15695269

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
581	288	312	0.495697074	0.537005164	-84.14	139.25	-0.144819277	0.239672978

Délka revize 17 dní	věk letadla 8 Let	typ letadla B737	Číslo revize 8	počet úkonů v revizi 445
------------------------	----------------------	---------------------	-------------------	-----------------------------

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
690.7666667	550.19	632	6.627508364	6.66114082	0.899636364	1.002929293	9.755770123	8.275000754

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
330	62	60	0.187878788	0.181818182	-140.5766667	-58.76666667	-0.425989899	-0.178080808

nastavení 15-20 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
679.7166667	543.915	615	7.628476266	7.623493434	0.884439348	1.00127421	9.963145228	8.842360826

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
327	76	70	0.232415902	0.214067278	-135.8016667	-64.71666667	-0.415295617	-0.197910296

nastavení 15-20 dní 7-9 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
655.3166667	551.7	579	9.164197588	8.742926284	1.056561181	1.147099156	10.11431753	9.211105412

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
316	100	100	0.316455696	0.316455696	-103.6166667	-76.31666667	-0.327900844	-0.241508439

nastavení 0-100 dní 7-9 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
658.2833333	585.815	636	7.836422424	8.066544118	0.993744792	1.11234375	9.924715326	9.134162344

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10P%	PÚPH10M%	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
320	82	80	0.25625	0.25	-72.46833333	-22.28333333	-0.226463542	-0.069635417

Délka revize	věk letadla	typ letadla	Číslo revize	počet úkonů v revizi
31 dní	18 let	B737	9	390

nastavení 0-100 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
1001,216667	820,44	943	9,185238115	10,26931733	0,974978467	1,105641688	11,98353499	9,982711369

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10%P	PÚPH10%M	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
387	147	127	0,379844961	0,328165375	-180,7766667	-58,21666667	-0,46712317	-0,150430663

nastavení 27-33 dní 0-100 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
992,65	835,61	920	10,13605045	10,55768747	1,085056277	1,189047619	13,39889319	11,57240046

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10%P	PÚPH10%M	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
385	147	124	0,381818182	0,322077922	-157,04	-72,65	-0,407896104	-0,188701299

nastavení 27-33 dní 17-19 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
861,45	809,215	803	14,18154061	14,22878986	1,149340077	1,213631985	18,29322518	17,8659783

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10%P	PÚPH10%M	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
346	155	146	0,447976879	0,421965318	-52,235	-58,45	-0,150968208	-0,168930636

nastavení 0-100 dní 17-19 let

SVOH	SVOHM	SVOHP	POPZM	POPZP	POOHM	POOHP	SOM	SOP
932,3666667	833,74	899	9,722635103	10,1048823	1,209738739	1,237747748	12,85554215	12,23324352

PÚ	PÚPH10%P	PÚPH10%M	PÚPH10%P	PÚPH10%M	OSCHM	OSCHP	OSCH1M	OSCH1P
370	131	118	0,354054054	0,318918919	-98,62666667	-33,36666667	-0,266558559	-0,09018018

Příloha 2

Ve druhé příloze je ukázán kompletní kód modulu třídy „ObjTF“ a jeho využití ve formuláři pro predikci TC.

Kód modulu třídy „ObjTF“

```
Option Compare Database
```

```
Option Explicit On
```

```
Dim db As DAO.Database
```

```
Dim qryDef As DAO.queryDef
```

```
Dim SQLSelect As String
```

```
Dim SQLFrom As String
```

```
Dim SQLGroupBy As String
```

```
Dim SQLCrit As String
```

```
Dim SQLOrderBy As String
```

```
Dim Query As String
```

```
Dim SQLmain As String
```

```
Dim SQLcritComplete As String, SQLcrit1 As String, SQLcrit2 As String, SQLcrit3 As  
String, SQLcrit4 As String, SQLcrit5 As String, SQLcrit6 As String, SQLcrit7 As String
```

```
Dim SQLselComplete As String, SQLsel1 As String, SQLsel2 As String, SQLsel3 As String,  
SQLsel4 As String, SQLsel5 As String, SQLsel6 As String, SQLsel7 As String
```

```
Dim SQLgrpComplete As String, SQLgrp1 As String, SQLgrp2 As String, SQLgrp3 As String,  
SQLgrp4 As String, SQLgrp5 As String, SQLgrp6 As String, SQLgrp7 As String
```

```
Public Property Let letQuery(newQuery As String)
```

```
    Query = newQuery
```

```
End Property
```

```
Public Property Let letFrom(newFrom As String)
```

```
    SQLFrom = " " & newFrom & " "
```

```
End Property
```

```
Public Property Let letSelect(newSelect As String)
```

```
    SQLSelect = " " & newSelect & " "
```

```
End Property
```

```
Public Property Let letGroupBy(newGroupBy As String)
```

```
    SQLGroupBy = " " & newGroupBy & " "
```

```
End Property
```

```

Public Property Let letCrit(newCrit As String)
    SQLCrit = " " & newCrit & " "
End Property

Public Property Let letOrderBy(NewOrderBy As String)
    SQLOrderBy = " " & NewOrderBy & " "
End Property

Public Property Let addSel1(newSelect As String)
    SQLsel1 = newSelect
End Property

Public Property Let addGroupBy1(newGroupBy As String)
    SQLgrp1 = newGroupBy
End Property

Public Property Let addCrit1(newCrit As String)
    SQLCrit1 = newCrit
End Property

Public Property Let addSel2(newSelect As String)
    SQLsel2 = newSelect
End Property

Public Property Let addGroupBy2(newGroupBy As String)
    SQLgrp2 = newGroupBy
End Property

Public Property Let addCrit2(newCrit As String)
    SQLcrit2 = newCrit
End Property

Public Property Let addSel3(newSelect As String)
    SQLsel3 = newSelect
End Property

Public Property Let addGroupBy3(newGroupBy As String)
    SQLgrp3 = newGroupBy
End Property

Public Property Let addCrit3(newCrit As String)
    SQLcrit3 = newCrit

```

End Property

Public Property Let addSel4(newSelect As String)

 SQLsel4 = newSelect

End Property

Public Property Let addGroupBy4(newGroupBy As String)

 SQLgrp4 = newGroupBy

End Property

Public Property Let addCrit4(newCrit As String)

 SQLcrit4 = newCrit

End Property

Public Property Let addSel5(newSelect As String)

 SQLsel5 = newSelect

End Property

Public Property Let addGroupBy5(newGroupBy As String)

 SQLgrp5 = newGroupBy

End Property

Public Property Let addCrit5(newCrit As String)

 SQLcrit5 = newCrit

End Property

Public Property Let addSel6(newSelect As String)

 SQLsel6 = newSelect

End Property

Public Property Let addGroupBy6(newGroupBy As String)

 SQLgrp6 = newGroupBy

End Property

Public Property Let addCrit6(newCrit As String)

 SQLcrit6 = newCrit

End Property

Public Property Let addSel7(newSelect As String)

 SQLsel7 = newSelect

End Property

```

Public Property Let addGroupBy7(newGroupBy As String)
    SQLgrp7 = newGroupBy
End Property

Public Property Let addCrit7(newCrit As String)
    SQLcrit7 = newCrit
End Property

Public Property Get getSQLmain()
    getSQLmain = SQLmain
End Property

Public Property Get getSQLstringCompose()
'return SQL string
Call NewSQL
getSQLstringCompose = SQLmain
End Property

Private Sub NewSQL()
    'Load new SQL
    SQLmain = SQLSelect & SQLFrom & SQLGroupBy & SQLCrit & SQLOrderBy
    Debug.Print SQLmain
End Sub

Private Sub NewSQLcriteria()
    'Update SQL criteria
    SQLcritComplete = " " & SQLCrit1 & " " & SQLcrit2 & " " & SQLcrit3 & " " &
SQLcrit4 & " " & SQLcrit5 & " " & SQLcrit6 & " " & SQLcrit7
    SQLselComplete = " " & SQLsel1 & " " & SQLsel2 & " " & SQLsel3 & " " & SQLsel4 & "
" & SQLsel5 & " " & SQLsel6 & " " & SQLsel7
    SQLgrpComplete = " " & SQLgrp1 & " " & SQLgrp2 & " " & SQLgrp3 & " " & SQLgrp4 & "
" & SQLgrp5 & " " & SQLgrp6 & " " & SQLgrp7
    SQLmain = SQLSelect & SQLselComplete & SQLFrom & SQLGroupBy & SQLgrpComplete &
SQLCrit & SQLcritComplete & SQLOrderBy & ";"
End Sub

Public Sub Load()
    Set db = CurrentDb
    Set qryDef = db.QueryDefs(Query)
    Call NewSQL()
    qryDef.SQL = SQLmain
End Sub

```

```

Public Sub Update()
    Set db = CurrentDb
    Set qryDef = db.QueryDefs(Query)
    Call NewSQLcriteria()
    Debug.Print SQLmain
    qryDef.SQL = SQLmain
End Sub

```

Ukázka části kódu využívající modul třídy „ObjTF“

Následující kód v jazyce VBA je ukázkou využití modulu třídy „ObjTF“. Tento kód je úryvkem z formuláře pro predikci TC.

```

Private Sub Form_Load()
    Me.Caption = "Maintenance Plan Creator"
    changeBl = True
    KeyPreview = True
    TF.letQuery = "testForm1DelkaXProc"
    TF2.letQuery = "TF1TCa"
    TF3.letQuery = "TF1MissingTC"
    Call DefaultSQL
    TF.Load
    TF2.Load
    TF3.Load
    'Call DefaultRowSQL
    Call SetDefaultFilter
    Me.btnBack.Visible = False
    Me.Command139.Visible = False
    Me.Command140.Visible = False
End Sub

Private Sub DefaultSQL()
    'Default SQL testForm2DelkaXRevize
    With TF
        .letSelect = "SELECT TctoMPD3.MPDTASK, TctoMPD3.MPD_ID, SelectDataTC.[Duration
Full], SelectDataTC.[Start percentage], SelectDataTC.[End Percentage],
SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE], RegistrLetadel.Age, SelectDataTC.Workpackage,
RegistrLetadel.AircraftFamily, TctoMPD3.MPDBoeing_ID, TctoMPD3.MPDAirbus_ID,
TctoMPD3.CustAirbus_ID, TctoMPD3.CustBoeing_ID "
        .letFrom = "FROM ImportMPD INNER JOIN (((SelectDataTC RIGHT JOIN TctoMPD3 ON
SelectDataTC.IDTC = TctoMPD3.IDTC) LEFT JOIN RegistrLetadel ON SelectDataTC.WP_ID =
RegistrLetadel.WP_ID) INNER JOIN MPD_ID ON TctoMPD3.MPD_ID = MPD_ID.MPD_ID) ON
ImportMPD.MPDTASK = MPD_ID.MPDTASK "
    End With

```



```

        .letGroupBy = "GROUP BY TctoMPD3.MPDTASK, TctoMPD3.MPD_ID,
SelectDataTC.[Duration Full], SelectDataTC.[Start percentage], SelectDataTC.[End
Percentage], SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE], RegistrLetadel.Age,
SelectDataTC.Workpackage, RegistrLetadel.AircraftFamily, TctoMPD3.MPDBoeing_ID,
TctoMPD3.MPDAirbus_ID, TctoMPD3.CustAirbus_ID, TctoMPD3.CustBoeing_ID,
SelectDataTC.[Shift Group], RegistrLetadel.AircraftFamily "
        .letCrit = "HAVING (((SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE] Between " & Me.delka2 & "
AND " & Me.delka1 & ") AND ((RegistrLetadel.Age) Between " & Me.Age2 & " AND " &
Me.Age1 & "))) "
        End With

With TF2
        .letSelect = "SELECT TestForm1MPDReportTable.MPDTASK, ImportMPD.MPDTASK,
IDTC.IDTC, SelectDataTC.Workpackage, SelectDataTC.[Duration Full], SelectDataTC.[Start
percentage], SelectDataTC.[End Percentage], SelectDataTC.[Shift Group],
SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE], RegistrLetadel.AircraftFamily, RegistrLetadel.Age "
        .letFrom = "FROM TestForm1MPDReportTable RIGHT JOIN (((ImportMPD INNER JOIN
IDTC ON ImportMPD.MPDTASK = IDTC.TC) INNER JOIN SelectDataTC ON IDTC.IDTC =
SelectDataTC.IDTC) LEFT JOIN RegistrLetadel ON SelectDataTC.WP_ID =
RegistrLetadel.WP_ID) ON TestForm1MPDReportTable.MPDTASK = ImportMPD.MPDTASK "
        .letGroupBy = "GROUP BY TestForm1MPDReportTable.MPDTASK, ImportMPD.MPDTASK,
IDTC.IDTC, SelectDataTC.Workpackage, SelectDataTC.[Duration Full], SelectDataTC.[Start
percentage], SelectDataTC.[End Percentage], SelectDataTC.[Shift Group],
SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE], RegistrLetadel.AircraftFamily, RegistrLetadel.Age,
SelectDataTC.[Shift Group], RegistrLetadel.AircraftFamily "
        .letCrit = "HAVING (((SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE] Between " & Me.delka2 & "
AND " & Me.delka1 & ") AND ((RegistrLetadel.Age) Between " & Me.Age2 & " AND " &
Me.Age1 & ")))"
        End With

With TF3
        .letSelect = "SELECT ImportMPD.MPDTASK, IDTC.IDTC, SelectDataTC.Workpackage,
SelectDataTC.[Duration Full], SelectDataTC.[Start percentage], SelectDataTC.[End
Percentage], SelectDataTC.[Shift Group], SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE],
RegistrLetadel.AircraftFamily, RegistrLetadel.Age "
        .letFrom = "FROM ((ImportMPD INNER JOIN IDTC ON ImportMPD.MPDTASK = IDTC.TC)
INNER JOIN SelectDataTC ON IDTC.IDTC = SelectDataTC.IDTC) LEFT JOIN RegistrLetadel ON
SelectDataTC.WP_ID = RegistrLetadel.WP_ID "
        .letGroupBy = "GROUP BY ImportMPD.MPDTASK, IDTC.IDTC,
SelectDataTC.Workpackage, SelectDataTC.[Duration Full], SelectDataTC.[Start
percentage], SelectDataTC.[End Percentage], SelectDataTC.[Shift Group],
SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE], RegistrLetadel.AircraftFamily, RegistrLetadel.Age,

```

```

SelectDataTC.[Shift Group], RegistrLetadel.AircraftFamily, SelectDataTC.[Shift Group],
RegistrLetadel.AircraftFamily "
        .letCrit = "HAVING (((SelectDataTC.[DÉLKA REVIZE] Between " & Me.delka2 & "
AND " & Me.delka1 & ") AND ((RegistrLetadel.Age) Between " & Me.Age2 & " AND " &
Me.Age1 & ")))"
    End With
End Sub

Private Sub Y1()
    'Shift group
    Dim strCboSelect As String
    If IsNull(Me.ShiftGroup.Value) = True Or Me.ShiftGroup.Value = "" Then
strCboSelect = "*" Else strCboSelect = Me.ShiftGroup.Value
        With TF
            .addCrit1 = "AND SelectDataTC.[Shift Group] Like " & """" & "*" & strCboSelect
& "*" & """"
            .addGroupBy1 = ", SelectDataTC.[Shift Group]"
        End With

        With TF2
            .addCrit1 = "AND SelectDataTC.[Shift Group] Like " & """" & "*" & strCboSelect
& "*" & """"
            .addGroupBy1 = ", SelectDataTC.[Shift Group]"
        End With
    End Sub

Private Sub Y2()
    'Aircraft type
    Dim strCboSelect As String
    If IsNull(Me.AircraftType.Value) = True Or Me.AircraftType.Value = "" Then
strCboSelect = "*" Else strCboSelect = Me.AircraftType.Value
        With TF
            .addCrit2 = "AND ((RegistrLetadel.AircraftFamily) Like " & """" & "*" &
strCboSelect & "*" & """" )"
            .addGroupBy2 = ", RegistrLetadel.AircraftFamily"
        End With

        With TF2
            .addCrit2 = "AND ((RegistrLetadel.AircraftFamily) Like " & """" & "*" &
strCboSelect & "*" & """" )"
            .addGroupBy2 = ", RegistrLetadel.AircraftFamily"
        End With
    End Sub

```

```
End With  
End Sub
```

```
Private Sub Update()  
    Call DefaultSQL  
    Call Y1()  
    Call Y2()  
    TF.Update  
    TF2.Update  
    TF3.Update  
    Me.Refresh  
End Sub
```