

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**LETECKÝ ÚSTAV**

---

**Ing. Jiří Chlebek**

**SNIŽOVÁNÍ NEHODOVOSTI V PROVOZU LETOUNŮ**  
**VŠEOBECNÉHO LETECTVÍ ČR**

**DECREASING THE NUMBER OF AIRCRAFT ACCIDENTS IN**  
**GENERAL AVIATION OF THE CZECH REPUBLIC**

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D. THESIS

**Obor:** Konstrukční a procesní inženýrství

**Školitel:** Prof. Ing. Bohuslav Sedláček, CSc.

**Oponenti:** Prof. Ing. Ludvík Kulčák, CSc.  
Prof. Ing. Dušan Kevický, CSc.

**Datum obhajoby:** 1. 12. 2004

## KLÍČOVÁ SLOVA

všeobecné letectví, nehoda, incident, statistika, lidský činitel, příčina, vyšetřování

## KEYWORDS

general aviation, accident, incident, statistic, human factor, cause, investigation

## Místo uložení práce:

Oddělení pro vědu a výzkum FSI VUT v Brně

1	Obsah	<i>strana</i>
1	Obsah	3
2	Současný stav řešené problematiky	5
	2.1 Úvod	5
	2.2 Potřeba prevence leteckých nehod	5
	2.3 Legislativa	6
	2.3.1 Jednotné letecké předpisy – JAR	7
	2.3.2 Dokumenty organizace ICAO	7
	2.4 Všeobecné letectví	7
	2.5 Přehled současného stavu řešené problematiky ve světě a v ČR	8
	2.5.1 Získávání a využití informací pro prevenci leteckých nehod	8
	2.5.2 Databázové systémy ve světě	9
	2.5.2 Současný stav Databázového systému LMU Leteckého ústavu	9
3	Cíle disertační práce	10
4	Metody používané k hodnocení bezpečnosti	11
	4.1 Metody zaznamenávání dat	11
	4.2 Výběr vhodné metody a popis vlastního řešení	11
	4.2.1 Statistiky nehod a incidentů	11
	4.2.2 Metodika řešení	12
	4.2.3 Možnosti grafických výstupů z údajů ANALÝZY	14
	4.3 Výsledky analýzy dat a následná opatření – prevence	14
	4.3.1 Statistické zpracování hlavních příčin LMU	15
	4.3.2 Matematická analýza časových řad	16
	4.3.3 Regresní analýza	17
	4.3.4 Analýza časové řady výskytu LMU	18
	4.3.5 Regresní analýza výskytu LMU na 1000 letových hodin	19
	4.4 Faktory	20
	4.5 Zaznamenávání úsilí vynaloženého na prevenci	20
	4.6 Systém informačního toku pro všeobecné letectví ČR	20
5	Hlavní výsledky práce	21
	5.1 Teoretické přínosy disertační práce	21
	5.2 Praktické přínosy disertační práce	21
6	Závěr	21
	Literatura	23
	Summary	24
	Curriculum vitae	25



## 2 Současný stav řešené problematiky

### 2.1 Úvod

Letecká doprava je jedním z nejmladších, nejdynamičtěji se rozvíjejících a také nejdiskutovanějších oborů lidské činnosti. Za svou relativně krátkou dobu existence prodělala bouřlivý kvantitativní, ale zejména kvalitativní rozvoj.

Vysoké požadavky kladené na letectví jako takové, jsou v mnoha případech takřka nesplnitelné či protichůdné. Patří mezi ně v první řadě bezpečnost a rychlost, dále pak kvalita, hospodárnost a v neposlední řadě spolehlivost.

V roce 2000 při více než 22 milionech letů letecké společnosti přepravily přes 1,5 miliardy cestujících. Na toto množství letů připadá 1126 úmrtí oproti 730 v roce předcházejícím. To představuje 37 leteckých nehod s následkem smrti oproti 48 v roce 1999.

Pravděpodobnost letecké nehody u pravidelné dopravy je jedna ku třem miliónům. Před třiceti lety došlo k letecké nehodě v pravidelné dopravě přibližně po každých 140 miliónech nalétaných milích. Dnes je to po 1,4 miliardě mil – což představuje desetinásobné zlepšení. Přesto je potřeba vyvíjet úsilí k neustálému zlepšování bezpečnosti v letectví.

Ovšem letectví není jen doprava osob a nákladů, ale také letecké práce, rekreační a sportovní létání a v neposlední řadě vojenské letectví. Tyto druhy provozu jsou z různých důvodů „nebezpečnější“, což vyplývá již z charakteru provozu. Přesto, nebo právě proto, vyvstává i v těchto oblastech potřeba věnovat odpovídající pozornost bezpečnosti a prevenci.

Jedním z hlavních cílů všech úřadů a provozovatelů letadlové techniky je předcházet a zabránit leteckým mimořádným událostem a nehodám. K zajištění bezpečnosti a spolehlivosti leteckého provozu je zapotřebí stanovit a objasnit příčiny problémů, které nejčastěji vedou ke vzniku leteckých nehod nebo incidentů. Proto se v poslední době, zejména se snahami zapojení se do evropských struktur, tato část leteckého provozu stává středem pozornosti příslušných státních orgánů a institucí.

Významnou měrou se na řešení této závažné problematiky ve světě podílí provozování a vyhodnocování databázových systémů, sloužících k evidenci a statistickému zpracování leteckých nehod, incidentů a vážných incidentů.

### 2.2 Potřeba prevence leteckých nehod

Letecké nehody ústí ve ztráty na životech a na majetku. Nicméně je obtížné přesně odhadnout cenu ztráty způsobené leteckou nehodou. Finanční ztráty mohou být extrémně vysoké. Společenské ztráty jsou mnohem méně hmatatelné, to ale neznamená, že jsou zanedbatelné.

Byl vypracován model poskytující údaje o přímých a nepřímých následcích letecké nehody. Tento model je vodítkem pro prevenci leteckých nehod. Posuzuje několik faktorů a výsledkem je odhad finančních, ale ne sociálních dopadů letecké nehody.

Těmito faktory jsou:

- zabití a zranění
- poškození letadla
- pátrání a záchrana
- šetření vládní i nevládní
- pojišťovací náklady
- finanční dopad na provozovatele
- poškození majetku.

Náklady plynoucí z nehod nemohou být vyváženy užitkem plynoucím z prevence, protože ty nehody, které se díky prevenci nestaly, není možné identifikovat. Avšak prevence nehod vede často ke zvýšení výkonnosti, protože se zaměřuje na eliminaci chyb a nedostatků na všech úrovních.

Jakékoli zlepšení v oblasti prevence leteckých nehod vyžaduje společné úsilí všech oblastí odvětví – zvláště managementu, letových posádek, konstruktérů, výrobců a vládních organizací.

## 2.3 Legislativa

Letectví funguje na základě zákonů a předpisů, z nichž většina je zaměřena na udržování a zvyšování bezpečnosti – to platí obzvláště pro pravidelnou leteckou dopravu.

V současnosti je Česká republika plnohodnotným členem řady důležitých mezinárodních organizací civilního letectví. V řadě směrů se podílí na moderních programech rozvoje civilního letectví, řízení letového provozu a rovněž na zajišťování bezpečnosti a plynulosti letecké dopravy v Evropě. Mezi tyto organizace patří například:

- |             |  |
|-------------|--|
| ICAO        | – Mezinárodní organizace civilního letectva<br>( <i>International Civil Aviation Organization</i> )                        |
| ECAC        | – Evropská konference civilního letectví<br>( <i>European Civil Aviation Conference</i> )                                  |
| JAA         | – Sdružené letecké úřady<br>( <i>Joint Aviation Authorities</i> )  |
| EUROCONTROL | – Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu<br>( <i>European Organization for the Safety of Air Navigation</i> ) |

### 2.3.1 Jednotné letecké předpisy - JAR

Předpisy JAR vycházejí z příloh k Úmluvě o mezinárodním civilním letectví (Annex), doplňují a podrobně specifikují požadavky vztahující se především na společné zájmy zúčastněných států s cílem zajištění maximální bezpečnosti leteckého provozu.

Jednotné letecké předpisy JAR (*Joint Aviation Requirements*) vydané Sdruženými leteckými úřady JAA (*Joint Aviation Authorities*) ve smyslu Nařízení Rady Evropy č. 3922/91 o harmonizaci technických požadavků a administrativních postupů v oblasti civilního letectví ve znění přijatém Českou republikou jako všeobecně závazné právní předpisy.

### 2.3.2 Dokumenty organizace ICAO

Úkolem ICAO je poskytovat směrnice a postupy pro bezpečné vykonávání mezinárodních leteckých operací a podporovat plánování a rozvoj letecké dopravy. To je naplňováno rozvojem Standardů a Doporučených postupů (SARP), které jsou obsaženy v ANNEXech k Chicagské dohodě a odrážejí provozní zkušenosti signatářů. Postupy pro služby řízení letového provozu obsahují zkušeností mimo záběr SARPů. Pro bezpečnost a efektivnost je žádoucí co největší stupeň mezinárodní jednotnosti.

ICAO se snaží působit jako koordinátor činností v prevenci a šetření leteckých nehod. Vydalo několik příruček týkajících se prevence a šetření leteckých nehod a ve svém časopise ICAO Journal se také věnuje problematice bezpečnosti a prevenci nehod.

Letecké předpisy navazující na Annexy ICAO jsou zaměřené na zabezpečení co nejvyšší bezpečnosti v leteckém provozu. L 13 – Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod vychází z přílohy 13 k Dohodě o mezinárodním civilním letectví (Annex 13 – Aircraft Accident and Incident Investigation). Ustanovení tohoto předpisu se vztahují na činnosti, které následují po leteckých nehodách a incidentech za účelem odborného vyšetřování jejich příčin a stanovení prevence.

## 2.4 Všeobecné letectví

V mnoha státech tvoří největší ztráty nehody ve všeobecném letectví. Z toho vyplývá, že podstatný užitek může být získán z programů zaměřených na tuto skupinu. Všeobecné letectví zahrnuje velmi široké rozpětí typů letadel, kvalifikací posádek a provozních prostředí. Zahrnuje stále více se rozšiřující oblast obchodního létání, často provozujícího velmi kvalitní letadla, vrtulníky pilotované profesionálními piloty až po soukromé piloty létající jen občas rekreačně.

Specializované operace všeobecného letectví, např. vrtulníkové práce nebo práce při leteckých postřicích, vytvářejí zvláštní podmínky pro hazardování, což

vedlo některé státy k zavedení speciálních programů zaměřených speciálně na tyto skupiny.

## 2.5 Přehled současného stavu řešené problematiky ve světě a v ČR

### 2.5.1 Získávání a využití informací pro prevenci leteckých nehod

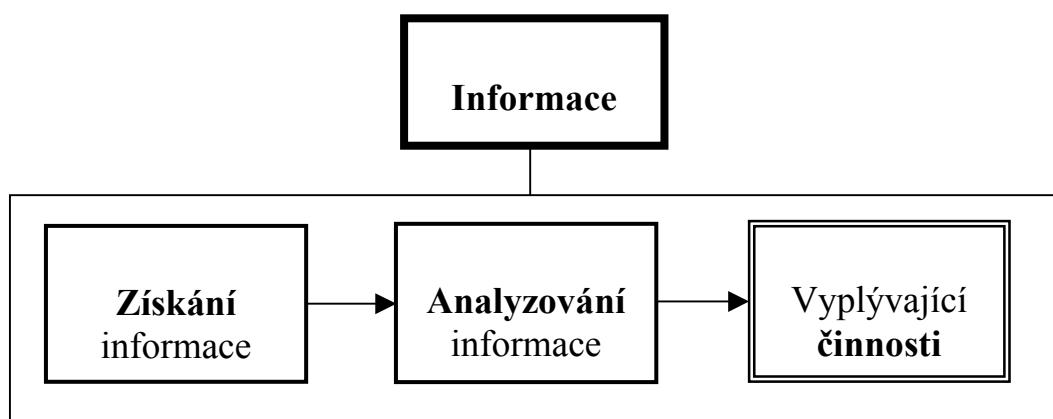
Jak různé mezinárodní organizace zabývající se letectvím (např. ICAO), tak i představitelé jednotlivých národních leteckých úřadů a institucí, zdůrazňují význam zavádění a využívání databázových systémů ke zvyšování bezpečnosti a prevence v letectví a to ve všech jeho oblastech.

Ačkoli by se mohlo zdát, že v současnosti zvyšovaná bezpečnostní opatření by mohla výrazně omezit vznik leteckých nehod zapříčiněných lidským faktorem (resp. chybou pilota), který se již tradičně nejvýrazněji podílí na vzniku leteckých nehod (více než 70 %-celosvětově, z dlouhodobého hlediska), mohou tato opatření paradoxně vést ke zvýšení podílu takto vzniklých nehod. Jedná se zejména o větší vytížení členů létajícího personálu novými opatřeními a postupy, které mohou vést k soustředění jejich pozornosti na nové skutečnosti na úkor běžných, do jisté míry rutinních činností (např. činnosti související s technikou pilotáže apod.) a vést tak k zanedbání, přehlédnutí či opomenutí některých důležitých úkonů.

Dalším faktorem negativně ovlivňujícím bezpečnost leteckého provozu se může stát psychický tlak způsobený všeobecnou nejistotou a obavou zejména z nezákonných zásahů na palubě letadla nebo vnějších zásahů do běžného provádění letu, jenž může opět vést k chybným rozhodnutím, opomenutím či nepřiměřeným reakcím.

Je nutné si uvědomit, že základem k úspěšnému vyhodnocení všech příčin jakékoli letecké nehody jsou informace.

Informace *se tak stává skutečnou výzvou*, doporučuje se proto postupovat dle následujících tří kroků uvedených ve schématu na obr.2.1 .



Obr.2.1



Prevence leteckých nehod je rozsáhlá oblast zahrnující mnoho dovedností a technik. Správně vedená prevenční činnost nejen zvýší úroveň bezpečnosti, ale také zvýší provozní efektivnost organizace

## 2.5.2 Databázové systémy ve světě

Všechny výše uvedené způsoby získávání informací mohou sloužit jako zdroj dat pro různé databázové systémy, které se dále používají k vyhodnocování bezpečnosti.

Téměř každý evropský stát, respektive příslušný letecký úřad nebo pověřená komerční firma, zřizuje a provozuje odpovídající databázi pro evidenci a vyhodnocování jak leteckých nehod, tak incidentů, nebo vážných incidentů pro různé oblasti a kategorie letectví toho, kterého státu.

Veřejná dostupnost takovýchto databází se většinou provádí prostřednictvím světové sítě internet. Existuje proto řada buď komerčních nebo oficiálních internetových stránek s příslušnými databázemi.

## 2.5.3 Současný stav Databázového systému LMU Leteckého ústavu

V průběhu devadesátých let byly na půdě Leteckého ústavu, v rámci diplomových projektů vytvořeny tři databáze leteckých mimořádných událostí. První databáze obsahovala data z let 1985-1996 Aeroklubu České republiky. Druhá databáze obsahovala stejná data, jen pro časové období 1993-1998, od rozdělení Československa. Třetí databáze obsahovala data LMU všeobecného letectví ČR v letech 1993-1997.

Proto bylo koncem devadesátých let přikročeno, v rámci grantového projektu „Snížení nehodovosti v provozu letounu všeobecného letectví ČR“, k vytvoření zcela nového databázového systému zahrnujícího, jak jednotlivé aerokluby ČR, tak ostatní provozovatele všeobecného letectví ČR. Tato databáze, od počátku projektovaná v prostředí programovacího prostředí Delphi, na základě analýz a legislativních požadavků a doporučení v oblasti bezpečnosti civilního letectví, obsahuje data od roku 1993 do roku 2000 (v plném rozsahu), za roky 2001-2002 byly poskytnuta data pouze v omezené míře a za rok 2003 je k dispozici pouze přehled všech událostí v ČR.

V průběhu řešení grantového projektu vyplynula nezbytnost hodnocení nehodovosti na základě poměrných statistických veličin, které doposud nebyly v ČR aplikovány. V materiálech ICAO, které se týkají této problematiky, se uvádí, že interpretace a závěry na základě jednoduchých statistik leteckých mimořádných událostí, mohou být chybné. ICAO doporučuje vyhodnocovat poměrové statistické veličiny, vztažené k provozním výkonům a ostatním ukazatelům jako je počet letů, počet letových hodin, počet přepravených cestujících nebo množství osobokilometrů u letecké dopravy. Poměrové statistické veličiny umožňují hodnocení kvality bezpečnosti a vývoje jejich trendů v časových řadách. Navíc při dostatečném

reprezentativním vzorku leteckých mimořádných událostí umožňují vytvořit objektivně podložený návrh doporučení a opatření zaměřených k prevenci snížení nehod a jejich předpokladů a následné vyhodnocení jejich účinnosti. Umožňují také porovnání získaných poměrových statistických ukazatelů s obdobnými evropskými a světovými ukazateli a porovnání kvality procesu bezpečnosti v civilním letectví ČR.

Česká republika v zájmu splnění evropských standardů a předpisů zřídila k 1.1. 2003 *Ústav pro odborně technické zjišťování příčin leteckých nehod (ÚZPLN)*. Ustavení této nezávislé instituce vychází z širokého programu mezinárodních organizací, směřujícího ke zvýšení bezpečnosti civilního letectví a je i jedním z kritérií přijetí ČR do EU. Její zřízení proběhlo na základě ustanovení *zákona 49/1997 Sb. o civilním letectví*, ve kterém se uvádí, že *Ústav* shromažďuje a analyzuje informace o leteckých nehodách, včetně určování příčin leteckých nehod, vypracovává závěry, včetně určení příčin nehod, a vypracovává bezpečnostní doporučení k jejich předcházení. Tuto funkci převzal *Ústav* od *Úřadu pro civilní letectví (ÚCL)*, kterému zůstala pouze odpovědnost za evidenci a uchovávání výsledků šetření leteckých nehod a incidentů do konce roku 2002.

### 3 Cíle disertační práce

Cílem disertační práce je stanovení metodiky a systému zpracování a vyhodnocování získaných dat o leteckých nehodách a incidentech. Jakož i jejich vhodné seřazení dle zvolených kritérií.

Součástí tohoto úkolu je vytvoření algoritmu pro analýzu a vyhodnocování dat, která jsou uložena v databázi LMU, jenž by dále mohl posloužit k vytvoření samostatného programu pro získávání potřebných číselných údajů z databáze LMU Leteckého ústavu.

Tento algoritmus je pak základem k následnému zhodnocení stavu bezpečnosti v provozu letounů všeobecného letectví a k definování a identifikaci jednotlivých kritických oblastí provozu v sledovaném/hodnoceném období.

Na základě takto získaných poznatků je pak třeba stanovit obecné rizikové faktory a činitele negativně ovlivňující bezpečnost a zapříčiňující majoritní podíl vzniklých leteckých událostí.

Dalším cílem je vytvoření systému a metodiky zpracování a vyhodnocování příslušných výsledných údajů a poznatků takto získaných a jejich standardizovaná prezentace formou jednotlivých statistických výstupů. Zde je třeba stanovit druhy a konkrétní typy zobrazení jednotlivých výstupů zejména formou výsečových, spojnicových a sloupcových grafů.

Ze statistického hlediska se jedná zejména o numerický vztah mezi dvěma skupinami dat. Ve statistice nehod to obvykle znamená počet nehod, incidentů, zranění nebo poškození v jedné skupině a nějaké veličiny charakterizující dobu provozu např. odlétané hodiny či nalétané kilometry. Obecně tyto poměry nejlépe

vystihují bezpečnost provozu. Aby bylo možno porovnávat poměry, musí být soubory dat kompatibilní. Např. dopravce na dlouhých tratích neodlétá tolik letů jako dopravce na krátkých tratích. Proto srovnání relativní bezpečnosti bude záviset na faktu, zda za dobu provozu bude brán počet letů, letových hodin, uletěná vzdálenost, počet přepravených cestujících a nebo kombinace těchto faktorů.

Na závěr je to pak návrh metod a postupů vedoucích ke stanovení doporučení, popřípadě návrhů opatření vedoucích ke zvyšování bezpečnosti všeobecného letectví na základě uvedených údajů.

## 4 Metody používané k hodnocení bezpečnosti

### 4.1 Metody zaznamenávání dat

Efektivní metody zaznamenávání dat o nehodách a incidentech musí brát v úvahu jejich následná zpracování. Kromě hodnocení jejich významu mohou tyto metody také přispívat k odhalování hazardů. Jednou z nejjednodušších metod je pořizování fotokopií výtahu nebo shrnutí ze závěrečných zpráv. Ať je již zvolen jakýkoliv systém, je důležité, aby byly jasně definovány různé skupiny a kategorie. To lze uskutečnit využitím kódování a zaškrťovacích formulářů. Jasně definování takových kategorií jako druh provozu či typ letadla zajistí, že i když se budou měnit vyplňovatelé, klasifikace zůstane stejná. To je nezbytné, pokud má být vybudována užitečná databáze.

Mezi další metody řadíme:

- Statistické studie
- Analýza stromu poruch
- Modelování
- Použití simulátorů
- Eliminace nebo vyhnutí se nebezpečí

### 4.2 Výběr vhodné metody a popis vlastního řešení

#### 4.2.1 Statistiky nehod a incidentů

Statistiky jsou velmi vhodným nástrojem ke sledování efektivnosti prevence leteckých nehod. Existují dva základní způsoby zpracování zdrojových dat:

- jednoduchý výčet počtu nehod, incidentů, katastrof, atd.
- poměry - plnohodnotné srovnání lze provést pouze tímto způsobem

Statistiky musí být využívány opatrně. Při jejich nevhodném použití hrozí, že zobrazené skutečnosti nebudou odpovídat realitě.

## 4.2.2 Metodika řešení

Řešení stanovené problematiky výše uvedených směrů spočívá ve vytvoření algoritmu „ANALÝZA“ který může posloužit k návrhu programu, jenž by byl navržen v prostředí kompatibilním s *Databází LMU-všeobecného letectví* a s *Databází LMU-SLZ*.

Je patrné, že statistické zpracování a vyhodnocení sloužící jako podklad ke grafickému výstupu vyžaduje rozsáhlou číselnou kvantifikaci jednotlivých sledovaných kritérií. Z tohoto vyplývá, že je nutné zabezpečit tyto hodnoty jako možný výstup databázového systému. K vhodnému postupu má sloužit algoritmus k vyhodnocení dat získaných z databáze LMU nazvaný „ANALÝZA“ (viz. schéma na obr.4.1).

Při návrhu systému a metodiky zpracování a vyhodnocování příslušných dat bylo přistoupeno ke statistickému zpracování jednotlivých údajů dle obecně přijatých kritérií a pro jejich vyhodnocení bylo použito grafického zpracování formou kruhových výsečových grafů pro prosté statistické zpracování a grafů spojnicových pro poměrové vyhodnocování.

Stručný popis jednotlivých kroků algoritmu Analýza

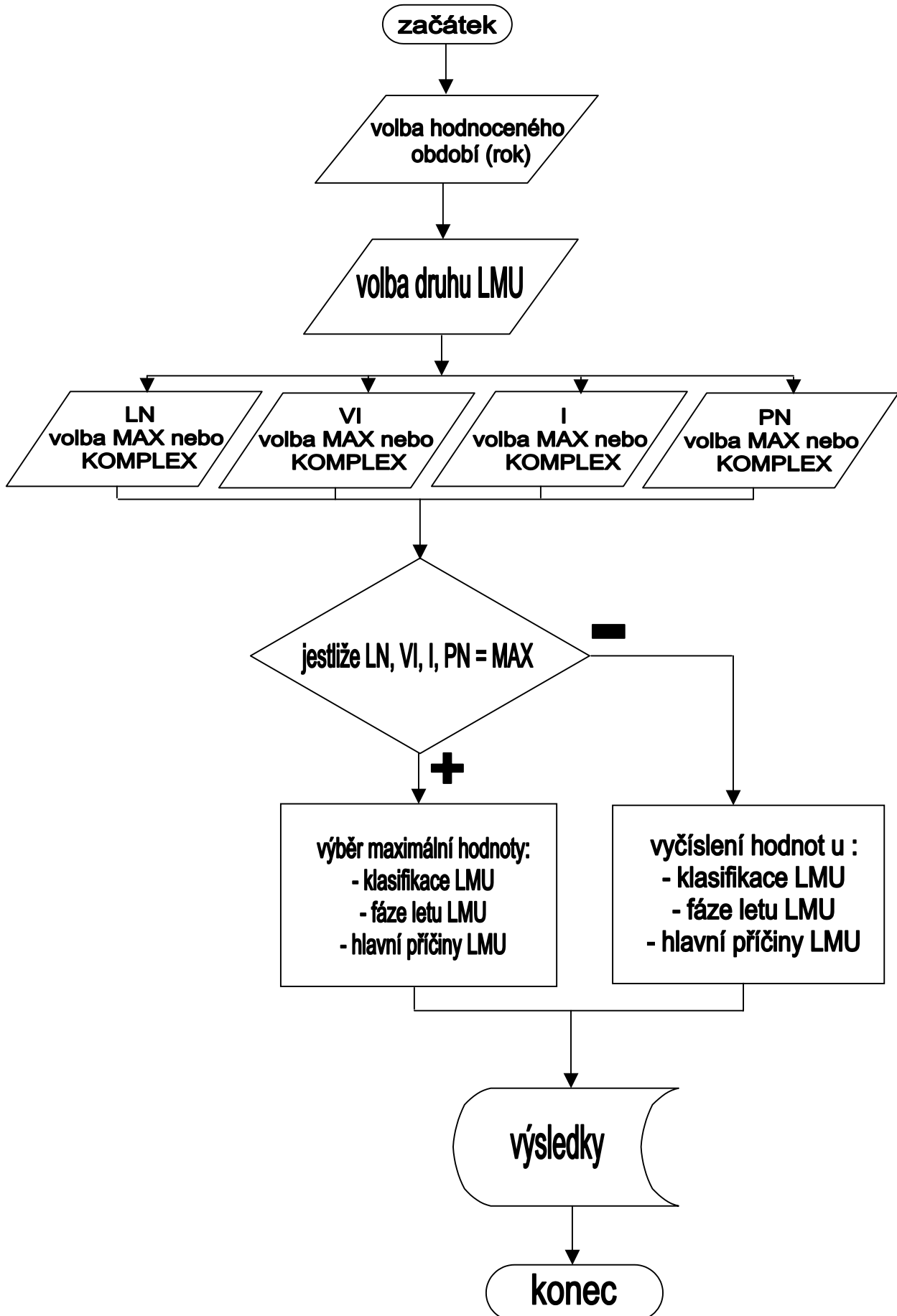
Prvním krokem algoritmu je *stanovení časového období*, které se bude analyzovat. Zde lze stanovit jako časový úsek jednotlivý rok, několik po sobě jdoucích let nebo celé sledované období (tj. všechny roky obsažené v databázi). Poslední možností je porovnání vybraných let mezi sebou navzájem. Tímto je stanoven časový rámec pro data přebíraná ze samotné databáze.

Ve druhém kroku je třeba stanovit, který *druh letecké mimořádné události* bude analyzován v rámci časového vymezení z kroku jedna. Zde je možno se rozhodnout mezi leteckou nehodou - LN (jejíž následky jsou nejzávažnější), pozemní nehodou - PN, vážným incidentem - VI a incidentem - I. Jelikož nelze stanovit míru potřeby hodnocení jednotlivých, výše uvedených druhů LMU, je pravděpodobné a nanejvýš žádoucí provést postupně vyhodnocení všech výše zmiňovaných druhů LMU za zvolené období.

Třetí krok pak umožňuje volbu rozsahu analýzy daného objemu dat a to výběrem stanovení pouze MAXimální hodnoty dané kategorie v rámci vybraného druhu LMU, nebo vyčíslení všech jednotlivých kategorií a provedení tzv. KOMPLEXní analýzy vybraného druhu LMU a to dle klasifikace LMU, fáze letu LMU a nebo dle hlavní příčiny LMU.

Poslední čtvrtý krok pak slouží k samotnému výstupu číselných *výsledků* získaných na základě předchozích kroků. Zde se jedná o tabulkové zpracování jednotlivých hodnot na jejichž základě se pak slouží k získání prostých statistických veličin, nebo poměrových statistických veličin, které jsou následně prezentovány ve formě grafických výstupů, zejména v podobě sloupcových, výsečových nebo spojnicových grafů.

Obr. 4.1



### 4.2.3 Možnosti grafických výstupů z údajů ANALÝZY

Na základě získaných údajů lze následně zpracovat a vyhodnotit jednotlivé statistické výstupy :

- celková statistika LMU za sledované období
  - statistika leteckých nehod
    - smrtelná zranění nebo vážná poškození zdraví (katastrofy)
    - zničené letouny (havárie)
    - poškozené letouny (poškození)
    - poškození zdraví
    - podíl leteckých nehod v závislosti na fázi letu
  - statistika vážných incidentů
  - statistika incidentů
  - statistika pozemních nehod
- statistické zpracování četnosti LMU v jednotlivých letech statistické
- zpracování hlavních příčin LMU
  - lidský faktor
  - technické příčiny
  - podíl jednotlivých příčin na LMU
- střední doby mezi LMU
- statistické zpracování sezónnosti LMU
- statistické zpracování dat dle ACCIDENT/INCIDENT REPORTING (ADREP)

*dále je možno se zaměřit na vyhodnocování formou*

- statistického zpracování vzniklých druhů poškození
- statistického zpracování vzniklých škod
- statistického zpracování četnosti LMU podle druhů letounů
- statistického zpracování četnosti LMU podle provozovatelů

### 4.3 Výsledky analýzy dat a následná opatření - prevence

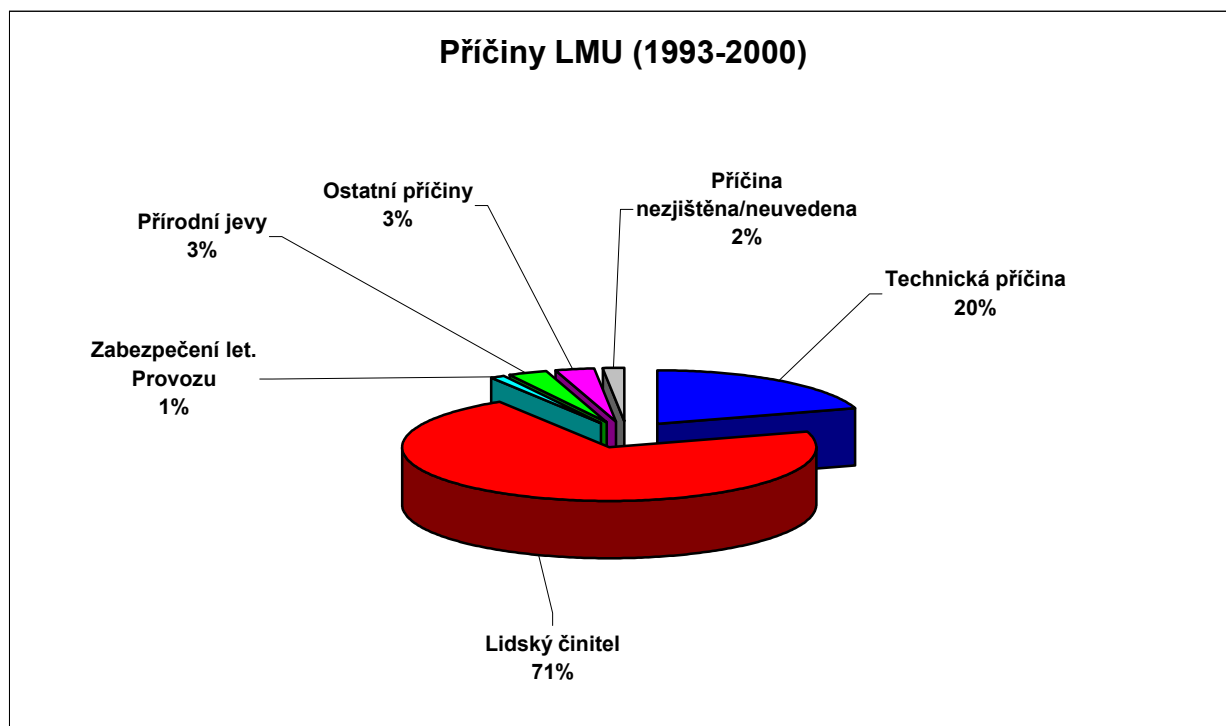
Na základě výsledků získaných z předchozích kroků, je následně nutno provést jejich rozbor a vhodnou interpretaci. Na základě takto zformulovaných stanovisek je nutno stanovit nápravná opatření dotýkající se jak organizačních struktur řídicích stupňů jednotlivých složek dotýkajících se provozu letounů všeobecného letectví, tak samotných výkonných stupňů provádějící samotnou letovou činnost včetně součástí dotýkajících se výcviku jak praktického, tak teoretického.

### 4.3.1 Statistické zpracování hlavních příčin LMU

Grafy znázorňující *podíly hlavních příčin všech událostí* v letech 1993-2000 jsou uvedeny v přílohách, na obr.4.2 je pak souhrn příčin LMU. Z těchto grafů vyplývá, že významnou složku hlavních příčin tvoří lidský činitel: 71% při všech LMU, ale již 80% při LN a jen 41% při VI. Druhou významnou složku je příčina technická: 20% při všech LMU, při LN již jen 10% ale u VI celých 50%, u I pak 19%. Dále se lze zmínit o příčině letové u I, která zde tvoří plných 66% hlavních příčin. Příčiny pozemních nehod pak spočívají v pozemní manipulaci-80% a v pojiždění 20%.

Z tohoto je patrné, že zásadním faktorem ovlivňujícím výskyt událostí, respektive leteckých nehod je lidský činitel. U leteckých nehod je patrný markantní výskyt příčiny lidský činitel již při pohledu na grafy z jednotlivých let, kdy podíl lidského činitele kolísá od 70% do 92%.

Dále je k dispozici graf znázorňující podíl faktorů lidského činitele, kdy na celkovém podílu lidského činitele u LN se 41% podílí technika pilotáže, 38% chyby v provedení letu, 18% řešení nestandardních situací a zanedbatelným poměrem 2% nedostatky v pozemní obsluze/údržbě a 1% příprava na let.



Obr.4.2

Další graf vychází z postupného stanovení statistických hodnot v obdobích mezi počátkem sledování (rok 1993) a sledovaným rokem. Toto poměrové vyhodnocení ukazuje, že střední doby mezi výskytem jednotlivých druhů událostí (v tomto případě LMU, LN, VI) se postupně zvyšují, což svědčí o zvyšování kvality

a bezpečnosti ve všeobecném letectví a leteckých pracích. Prakticky žádný předpoklad vývoje nelze stanovit u vývoje incidentů a pozemních nehod, jejichž počet v jednotlivých letech je značně proměnný. To neodpovídá statistickým zákonitostem nalezeným u nehod a vážných incidentů. Důvodem tohoto vývoje je skutečnost, že řada pozemních nehod a incidentů nebyla ohlášena registrována a šetřena.

#### 4.3.2 Matematická analýza časových řad

Základním prostředkem studia dynamiky jevu je analýza jeho vývoje v minulosti, která nám umožňuje poznat existující zákonitosti sledovaného jevu na čase a na základě tohoto poznání předpovídat jeho chování v budoucnosti. Analýza časových řad včetně předpovídání jejich budoucího chování je tak jednou z nejdůležitějších oblastí současné statistiky. Jejím cílem je konstrukce odpovídajícího modelu.<sup>[13]</sup>

##### *Popis časových řad*

Při zkoumání vývoje sledovaného jevu v zákonitosti na čase nás kromě vývoje (růst, pokles, stagnace) zajímají zákonitosti časového vývoje. Vývoj časových řad je determinován kombinací několika vlivů působících na hodnoty časové řady. Jde o:

- *trend vývoje* (dlouhodobě působící vliv),
- *periodické vlivy* (pravidelně se opakující vliv),
- *nahodilé vlivy* (působí nepravidelně, resp. náhodně).

##### *Popis trendu matematickými křivkami*

Předpokladem je, že analyzovaná časová řada má tvar:

$$y_t = T_t + E_t$$

Můžeme setkat s *konstantními trendy*, *lineárními trendy*, *kvadratickými trendy*, *exponenciálními trendy* a podobně.

Nejběžnější trendové křivky jsou - *Lineární trendy*

V případě tohoto trendu ve tvaru přímky,

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t, \quad t = 1, \dots, n,$$

Dostáváme pro odhady  $b_0$  a  $b_1$  parametrů  $\beta_0$  a  $\beta_1$  následující soustavu lineárních rovnic:

$$b_0 n + b_1 \sum_{t=1}^n t = \sum_{t=1}^n y_t,$$

$$b_0 \sum_{t=1}^n t + b_1 \sum_{t=1}^n t^2 = \sum_{t=1}^n t y_t.$$

Řešením této soustavy dostaneme pro odhady  $b_0$  a  $b_1$  vzorce,



$$b_1 = \frac{\sum_{t=1}^n ty_t - \bar{t} \sum_{t=1}^n y_t}{\sum_{t=1}^n t^2 - n\bar{t}^2}, \quad b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{t},$$

kde

$$\bar{y} = \sum_{t=1}^n \frac{y_t}{n}, \quad \bar{t} = \sum_{t=1}^n \frac{t}{n} = \frac{n+1}{2}.$$

Předpověď  $\hat{y}_T$  budoucí hodnoty  $y_T$  má neměnný tvar

$$\hat{y}_T = b_0 + b_1 T$$

a odpovídající (1-p).100procentní předpovědní interval je

$$\left\langle b_0 + b_1 T - t_{n-2}(p)sf_T, \quad b_0 + b_1 T + t_{n-2}(p)sf_T \right\rangle,$$

kde

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n y_t^2 - \sum_{t=1}^n \hat{y}_t^2}{n-2}}, \quad f_T = \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(T - \bar{t})^2}{\sum_{t=1}^n t^2 - n\bar{t}^2}}.$$

### 4.3.3 Regresní analýza

Hlavním úkolem regresní analýzy je přispět k poznání příčinných souvislostí a vztahů mezi statistickými vztahy. Úkolem je matematický popis systematických okolností, které provází statistické závislosti. Hlavní snahou je nalézt matematickou funkci tak, aby co nejlépe vyjadřovala charakter závislosti a co nejvěrněji zobrazovala průběh změn podmíněných průměrů závislé proměnné. Tato matematická funkce se nazývá *regresní funkce*.

#### *Testování statistických hypotéz*

Statistickou hypotézou se rozumí určitý předpoklad o parametrech či tvaru rozdělení zkoumaného znaku. *Testování hypotéz* je pak proces ověřování správnosti nebo nesprávnosti hypotézy pomocí výsledků získaných náhodným výběrem z části základního souboru. Zde lze s výhodou aplikovat tzv.:

Testy rovnosti parametrů  $\lambda_i, I \geq 2$  Poissonových rozdělení

Pro náhodný výběr  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in_i})$  dostatečně velkého rozsahu  $n_i$  z rozdělení  $Po(\lambda_i), i = 1, 2, \dots, I \geq 2$ . Pak výběry  $x_1, x_2, \dots, x_I$  jsou vzájemně nezávislé.

Testuje se hypotéza  $H: \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_I$  proti alternativě  $\bar{H}$ , která tvrdí, že  $H$  neplatí.

Platí-li hypotéza  $H$ , je statistika  $\bar{x} = \sum_{i=1}^I n_i \bar{x}_i / N$  konzistentním odhadem společného rozptylu  $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_I$  všech  $I$  rozdělení. Pak statistika  $\sqrt{\bar{x}}$  konzistentním odhadem společné směrodatné odchylky těchto rozdělení. <sup>[14]</sup>

Pak vyplývá, že v případě dostatečně velkých  $n_1, n_2, \dots, n_I$  použijeme hypotézy  $H: \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_I$  kritického oboru

$$W_\alpha = \{\chi^2; \chi^2 \geq \chi_{1-\alpha}^2 (I-1)\},$$

kde

$$\chi^2 = \frac{1}{\bar{x}} \left[ \sum_{i=1}^I n_i \bar{x}_i^2 - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^I n_i \bar{x}_i \right)^2 \right].$$

Pro  $I = 2$  je kritický obor ekvivalentní kritickému oboru

$$W_\alpha = \{u; |u| \geq u_{1-\alpha/2}\},$$

kde

$$u = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\bar{x} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{n_1 \bar{x}_1 + n_2 \bar{x}_2}} \sqrt{n_1 n_2}$$

V případě pravostranné alternativy  $\bar{H}: \lambda_1 - \lambda_2 > 0$  se použije kritického oboru  $W_\alpha = \{u; u \geq u_{1-\alpha}\}$  a v případě levostranné alternativy  $\bar{H}: \lambda_1 - \lambda_2 < 0$  kritického oboru  $W_\alpha = \{u; u \leq -u_{1-\alpha}\}$ , kde  $u$  je statistika.

Vezmou-li se v úvahu opravné členy  $1/2n_1$  a  $1/2n_2$ , nahradí se čítec  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$  testového kritéria v případě alternativy  $\bar{H}: \lambda_1 - \lambda_2 > 0$  výrazem  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - 1/2n_1 - 1/2n_2$  a v případě alternativy  $\bar{H}: \lambda_1 - \lambda_2 < 0$  výrazem  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 + 1/2n_1 + 1/2n_2$ . Při dvoustranné alternativě  $\bar{H}: \lambda_1 \neq \lambda_2$  se uvažuje kritický obor

$$W_\alpha = \left\{ u = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| - 1/2n_1 - 1/2n_2}{\sqrt{\bar{x} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}; u \geq u_{1-\alpha/2} \right\}.$$

#### 4.3.4 Analýza časové řady výskytu LMU

Data leteckých mimořádných situací lze s výhodou považovat za časovou řadu s výše uvedenými vlastnostmi časových řad, na kterou lze aplikovat uvedené metody a postupy.

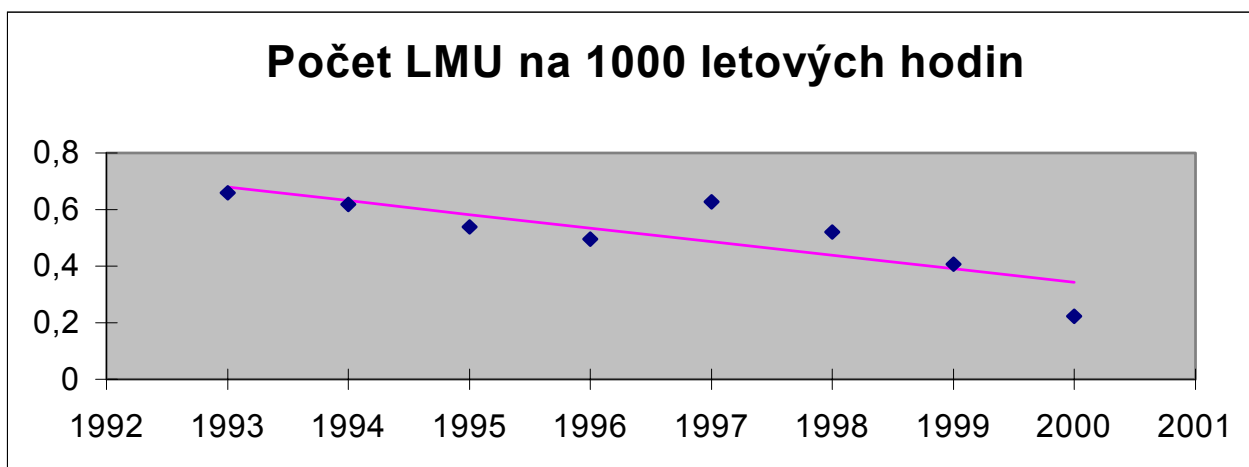
Pro aplikaci analýzy této časové řady, s měsíčním krokem v letech 1993 až 2000 lze použít statistický program *Statgraphics for Win 2.0* pro stanovení závislosti mezi výskytem LMU a časovým krokem. Výsledek této analýzy je pak obsažen v příloze. Z výsledků analýzy vyplývá, že k ní bylo využito 96 časových period s měsíčním intervalem, které počínají lednem roku 1993 a končí prosincem 2000. Tato časová řada je znázorněna v grafu programu *Statgraphics* a v grafu programu *Excel*, oba tyto grafy jsou součástí přílohy. Analýza pak dále obsahuje tabulku autokorelační funkce pro jednotlivé časové kroky, včetně hodnot 95% intervalu spolehlivosti na hladině významnosti 0,05. Na základě uvedených hodnot lze říci, že uvedené výsledky jsou statisticky významné.

Na základě vypočtených údajů program vytvořil periodogram z něhož rovněž vyplývá jednoznačná 12 měsíční periodicitu výskytu LMU, která koresponduje s výsledky vyplývajícími z grafů přílohy ročního rozložení LMU. Z uvedeného periodogramu lze vysledovat významnou periodu na 12. měsíce a zápornou korelaci v 5. - 6. měsíci což potvrzuje závěry uvedenými v kapitole roční rozložení LMU.

#### 4.3.5 Regresní analýza výskytu LMU na 1000 letových hodin

Ukazuje se, že pro porovnávání výkonů všeobecného letectví se na rozdíl od letecké obchodní dopravy s výhodou dá použít porovnávací jednotka 1000 letových hodin, místo 100 miliónů osobokilometrů používaných v letecké obchodní dopravě. V příloze pak jsou uvedeny přepočítané hodnoty počtu událostí na 1000 letových hodin a počet letových hodin na jednu událost.

Při použití regresní analýzy v programu *Excel* pro zjištění závislosti mezi výskytem počtu událostí na 1000 letových hodin můžeme na základě získaných údajů, že počet LMU přepočítaný na 1000 letových hodin je statisticky významný, resp. pokles vyjádřený regresní přímkou, viz. obr. 4.3.



Obr. 4.3

## 4.4 Faktory

Faktory ovlivňující bezpečnost letectví jsou tyto: člověk, stroj a prostředí. Z výše uvedených výsledků jasně vyplynulo, že rozhodujícím článkem v tomto systému je z hlediska počtu LMU *člověk*.

### Člověk

Pojem “člověk“ nezahrnuje jen pilota, ale i další osoby – ostatní členy létajícího personálu, pozemní obsluhu, řídicí letového provozu, meteorology, atd. V tomto širším smyslu je třeba zahrnout veškeré lidské působení v letectví, např. osoby působící při návrhu a konstrukci letadla, jeho údržbě, v provozu a vedení. V tomto významu je také “člověk“ chápán v příručce ICAO, jelikož prevence se musí zaměřit na veškerá rizika, ať již jsou jakéhokoliv původu.

Během let se počet nehod způsobených technikou postupně snižoval, zatímco počet nehod zaviněných lidským faktorem rostl, tuto skutečnost potvrzují rovněž výše uvedené výsledky týkající se příčin LMU. Z toho vyplývá, že úsilí vynaložené na prevenci by se mělo zaměřit především na oblast lidského faktoru.

## 4.5 Zaznamenávání úsilí vynaloženého na prevenci

Organizace zabývající se prevencí by měly soustavně hodnotit efektivitu své práce. Mohou být vypracovány záznamy o odhalených nebezpečích, vydaných bezpečnostních doporučeních, přijatých opatřeních či eliminovaných hrozbách. Takovéto záznamy poskytují měřítko efektivitě prevenčního úsilí a pomáhají při dalším sledování nebezpečí, které nebyly řešeny, nebo byly řešeny nevhodně.

## 4.6 Systém informačního toku pro všeobecné letectví ČR

Aby bylo možno postupovat podle výše uvedených metod a postupů při hodnocení kvality bezpečnosti v provozu letounů všeobecného letectví a následně účelně využívat získaných závěrů, je třeba zabezpečit spolehlivý a účinný systém toku dat a informací mezi jednotlivými stranami zúčastněnými na leteckém provozu všeobecného letectví.

Jednotlivé složky takovéhoto obecného modelu lze, pro názornost aplikovat na model potřebného a účelného toku informací mezi jednotlivými složkami v rámci ČR. Základními články tohoto modelu jsou – MD ČR, ÚCL ČR, ÚZPLN, Zpracovatel databáze (např. LÚ VUT v Brně) a jednotliví provozovatelé letadlové techniky a to včetně leteckého a ostatního personálu.

## 5 Hlavní výsledky práce

### 5.1 Teoretické přínosy disertační práce

Tato disertační práce komplexně zpracovává problematiku snižování nehodovosti v provozu letounů všeobecného letectví ČR, se zaměřením využívání a získávání potřebných dat o jednotlivých nehodách a incidentech, jejich databázové zpracování a následné statistické vyhodnocení. K tomuto vyhodnocení poskytuje metodický postup umožňující odhalit a stanovit rizikové faktory, které se mohou vyskytnout v leteckém provozu.

Umožňuje tak přijmout jednotnou metodiku sledování a vyhodnocování výskytu událostí v letovém provozu jednotlivých provozovatelů v rámci ČR, tak pro orgány civilního letectví jako jsou Ministerstvo dopravy (MD ČR), Úřad pro civilní letectví (ÚCL) a Ústav pro odborně technické zjišťování leteckých nehod (ÚZPLN).

### 5.2 Praktické přínosy disertační práce

Na základě takto získaných informací a jejich správné interpretaci umožňuje pak stanovit krizové oblasti vůči kterým je nutno přijmout vhodná systémová, bezpečnostní případně technická nápravná opatření, která v rámci prevence mohou vést ke zvýšení bezpečnosti provozu letounů všeobecného letectví. Zejména pak na celosvětově prokázaný negativní vliv lidského činitele, tak například na problematiku v oblasti technického provozu letadlové techniky

Dále získané poznatky a výsledky lze využít pro prezentaci úrovně bezpečnosti, tak k ozřejmění kritických oblastí v leteckém provozu při výuce (zejména na půdě Leteckého ústavu) jak oboru provoz letadel, tak v letecké škole, avšak rovněž při výuce oboru stavba letadel s poukázáním na problémové oblasti konstrukčního rázu jakož oblasti pracovního prostředí posádky a podobně.

Rovněž zde navržené postupy a použité metody lze aplikovat na databáze obsahující data o LMU sportovních létajících zařízení, obchodní letecké dopravy popřípadě řízení letového provozu, které lze vytvořit na základě úprav původní, zde použité databáze.

## 6 Závěr

Téma této disertační práce je primárně zaměřeno na problematiku snižování nehodovosti v provozu letounů všeobecného letectví ČR. Při jejím řešení byl kladen hlavní důraz na využití databázových systémů a statistických metod při shromažďování a interpretaci dat o leteckých nehodách a incidentech. Avšak v rámci daného tématu bylo nutno se zaměřit i na ostatní stránky související

s otázkou bezpečnosti v leteckém provozu a tudíž se práce zabývá možnou následnou eliminací rizikových faktorů ohrožujících bezpečnost, které byly odhaleny předchozími metodami. S tím souvisí i otázka prevence a následných opatření směřující k eliminaci těchto faktorů.

Avšak k získaným informacím je nutno přistupovat obezřetně, jelikož samotné použití statistických metod ke stanovení rizik a trendů vývoje bezpečnosti, ještě nezaručuje jejich správnou interpretaci, jak je patrné z výše uvedených výsledků.

Lze vyvodit závěr z něhož vyplývá, že pro spolehlivé stanovení kritických faktorů a časových období výskytu leteckých mimořádných událostí (zejména pak incidentů a pozemních nehod), je nutno mít k dispozici dostatečně rozsáhlý, statisticky významný, soubor dat za delší sledované období, než je v současné době k dispozici. Toto omezení je dáno stanovením sledovaného období k 1.1.1993 (vznik ČR).

Dalším nezanedbatelným faktorem ovlivňujícím uvedené výsledky je hodnověrnost poskytovaných údajů. U LN a VI počty hlášených událostí odpovídají skutečnému počtu, toto však již bohužel nelze říci v případě I a PN, kde se projevuje nízká spolehlivost hlášených událostí ve vztahu ke skutečnému počtu. Tento aspekt je jasně patrný z výše uvedených grafů a tudíž nelze v případě I a PN vyvodit jednoznačné závěry.

Je rovněž zřejmé, že kvalitu vývoje bezpečnosti lze oceňovat pouze na základě poměrových statistik, které hodnotí výskyt LMU na základě provozních výkonů. Základem ocenění kvality jsou reprezentativní údaje o LMU a odpovídajících provozních výkonech. Zajištění úplnosti dat o LMU vyžaduje realizaci poměrně problematických opatření vedoucích k hlášení a šetření všech incidentů a pozemních nehod.

Pokud si uvědomíme všechna tato rizika a omezení, lze na základě získaných informací přistoupit k návrhu nápravných opatření. Prevence je velice náročný proces s cílem zvyšování bezpečnosti leteckého provozu. Její správné provádění vyžaduje zodpovědný přístup všech lidí a institucí podílejících se na provozu a jejich vzájemnou spolupráci a výměnu informací. Stát musí vytvářet vhodné podmínky pro fungování letectví a zvyšování bezpečnosti. Výrobci letecké techniky musí neustále zvyšovat bezpečnost svých konstrukcí. Provozovatelé musí bezpečnost udržovat a zlepšovat nejen dodržováním předpisů a nařízení, ale také aktivní propagací bezpečnosti a prováděním prevenčních činností. Jednou z hlavních oblastí, kam by se měla prevence zaměřovat je lidský faktor. Ten vyžaduje stálou pozornost a hlubší studium, aby bylo pochopeno nejen lidské jednání, ale i motivy a podněty k tomuto jednání. Je nutné si uvědomit, že lidský faktor nezahrnuje jen pilota případně členy posádky, ale všechny osoby podílející se na činnostech v letectví. Nezanedbatelná je v prevenci úloha managementu.

## Literatura:

- [1] L 13 Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů, LIS ŘLP ČR 2004[
- [2] McCarthy P., Safety management challenges, Prague ISASI 2001
- [3] Míka L., Areas of improvement of aviation safety, Prague ISASI 2001
- [4] Matyáš P., Kvalita a bezpečnost v civilním letectví, Nové trendy v civilnom letectve – 2000, Žilina 2000
- [5] Racek J., Bezpečnost provozu sportovních létajících zařízení, Nové trendy v civilnom letectve – 2000, Žilina 2000
- [6] Hájek M., Databáze mimořádných leteckých událostí Aeroklubu Čech a Moravy, VUT v Brně 1997
- [7] Štěpánek M., Vyhodnocení leteckých mimořádných událostí ve všeobecném letectví, VUT v Brně 1998
- [8] Vrba L., Vyhodnocení leteckých mimořádných událostí u Aeroklubů ČR, VUT v Brně 1998
- [9] Foretník P., Vztah leteckých mimořádných událostí a provozních výkonů v České republice, VUT v Brně 1999
- [10] Holubec M., Přístup ICAO k problematice leteckých nehod, VUT v Brně 2000
- [11] Knaute Z., Metodika vyhodnocení leteckých mimořádných událostí Aeroklubu ČR a Letecké amatérské asociace, VUT v Brně 2001
- [12] Kolář D., Novozámský V., Chlebek J., Stav řešení grantového projektu „Snížení nehodovosti v provozu letounů všeobecného letectví ČR“, VUT Brno, listopad 2001
- [13] Cipra T., Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii, SNTL, Praha 1986
- [14] Hátle J., Likeš J., Základy počtu pravděpodobnosti a matematické statistiky, SNTL, Praha 1974
- [15] Seger J., Hindls R., Statistické metody v tržním hospodářství, Victoria Publishing, Praha 1995
- [16] Sedláček B., Letecká doprava, EDIS, Žilina 2000
- [17] Kolář D., Informační systém letectví ČR, Brno 2001

## **Summary:**

The aim of the dissertation is to find out the causes of problems that usually lead to aircraft incidents in general aviation of the Czech Republic, i.e. aeroplanes with a maximum take-off weight under 10 tons and 19 pay-load seats. Subsequently, it is important to propose measures that would decrease the number of the incidents in this type of aviation, especially regarding the training system of aerial personnel and the switch to new regulations for aerial personnel training that are now applied in the EU countries. This work is concerned on proposition of a method for procedures and mathematic analyzis of the database informations. A database is used as a tool for dealing with this task. It was filled with stochastic data starting from 1993 (end of the Czech and Slovak Federal Republic and creation of the independent Czech Republic) and 2000. The paper deals with a proposal of approach methodology of next actions in prevention of the accidents and incidents in general aviation of the Czech Republic.



## Curriculum vitae

Ing. Jiří Chlebek

Narozen 17. ledna 1974 v Kroměříži.

### *Vzdělání a odborné působení:*

- Gymnázium Holešov (1992)
- Soukromá vyšší odborná škola managementu, Holešov (1994)
- VUT v Brně, FSI, Letecký ústav – provoz letadel (2000)
- Doktorské studium na Leteckém ústavu VUT v Brně, obor Konstrukční a procesní inženýrství – provoz letadel (2004)
  
- Od roku 2002 technický pracovník FSI VUT v Brně
- Od roku 2002 lektor letecké školy FTO-011 pro předměty *Letecký zákon a předpisy a Pravidla létání a letový provoz*
  
- Kurs ISASI Reachout Accident and Prevention Training Workshop, Praha 2001
- Kurs JAR-21 Všeobecný, Brno 2002
- Kurs JAR-OPS1, Brno 2002
- Kurs JAR-FCL, Brno 2002
- Kurs JAR-145, Brno 2002
- Kurs JAR-66, Brno 2003
- Kurs JAR-147, Brno 2003
- Kurs Evropské letecké právo, Brno 2003
- Kurs Řízení leteckých organizací, Brno 2003