

Informační podpora krizového řízení kraje z hlediska hodnocení výskytu povodní

Ing. David Šaur, Ph.D.

Teze disertační práce



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Teze disertační práce

Informační podpora krizového řízení kraje z hlediska hodnocení výskytu povodní

**Information Support for Crisis Management of the Region in
Terms of Evaluation of Flood Events**

Autor: **Ing. David Šaur**

Studijní program: Inženýrská informatika, P3902
Studijní obor: Inženýrská informatika, 3902V023

Školitel: doc. Ing. Luděk Lukáš, CSc.

Oponenti: prof. RNDr. Jan Bednář, CSc.
prof. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.
doc. Ing. Petr Rapant, CSc.

Zlín, listopad 2017

© David Šaur

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.
Publikace byla vydána v roce 2017.

Klíčová slova: *povodeň, přívalový déšť, konvektivní srážky, krizové řízení*

Key words: *flood, torrential rainfall, convective precipitation, crisis management*

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7454-712-6

ABSTRAKT

Disertační práce je zaměřena na návrh informační podpory krizového řízení kraje z hlediska hodnocení výskytu povodní. Součástí informační podpory je především „Algoritmus předpovědi bouří“, jehož výstupem je soubor předpovědních informací o výskytu konvektivních srážek a nebezpečných doprovodných jevů. Účelem Algoritmu je zpřesnění předpovědi na úrovni územního celku obce s rozšířenou působností, včetně jejich regionů s dostatečnou dobou předstihu pro realizaci preventivních protipovodňových opatření. Algoritmus předpovědi bouří je založen na principu analýzy a cíleného hodnocení výstupních meteorologických prvků a parametrů z numerických modelů předpovědi počasí, včetně hodnocení vlivu reliéfu na vznik a vývoj konvektivních srážek v cílové oblasti. Hodnocení se také opírá o analýzu historických povětrnostních situací a vybraných povodní vyvolanými přívalovým deštěm za účelem vytvoření doplňující zpřesněné předpovědi k výstražným informacím od Českého hydrometeorologického ústavu.

ABSTRACT

The dissertation is focused on the proposal of information support of the crisis management of the region in terms of evaluation of flood events. Part of the information support is mainly the "Algorithm of Storm Prediction", the output of which is a set of predictive information on the occurrence of convective precipitation and dangerous accompanying phenomena. The purpose of the Algorithm is to refine the forecast at the level of the territorial unit of the municipality with extended powers, including their regions, with sufficient time in advance for the possibility of implementing preventive flood control measures. Algorithm of Storm Prediction is based on the analysis and targeted evaluation of output meteorological parameters and parameters from numerical weather prediction models, including evaluating the impact of the relief on the formation and development of convective precipitation in the territory. The evaluation is also based on an analysis of historical weather events and selected floods caused by torrential rainfall in order to create additional refined forecasts for warning information from the Czech Hydrometeorological Institute.

OBSAH

1. ÚVOD	5
2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	6
3. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	9
4. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ	10
5. TEORETICKÝ RÁMEC.....	11
6. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE.....	14
7. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI.....	16
7.1 Přínos práce pro vědu.....	16
7.2 Přínos práce pro praxi	17
8. ZÁVĚR.....	18
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	19
SEZNAM OBRÁZKŮ	20
SEZNAM TABULEK	20
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	21
PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA	22
PROFESNÍ ŽIVOTOPIS AUTORA.....	25

1. ÚVOD

Předpověď přívalového deště, včetně možné povodňové odezvy, je aktuálním problémem současné meteorologie a hydrologie z hlediska jeho společenského dopadu. Vznik těchto extrémních povětrnostních jevů je úzce spojen s tvorbou konvektivní srážkové oblačnosti o rozloze několika čtverečních kilometrů a ojediněle až stovek km², v době trvání několika minut až hodin. A právě tato charakteristika konvektivní srážkové oblačnosti je zásadním problémem současných předpovědních systémů.

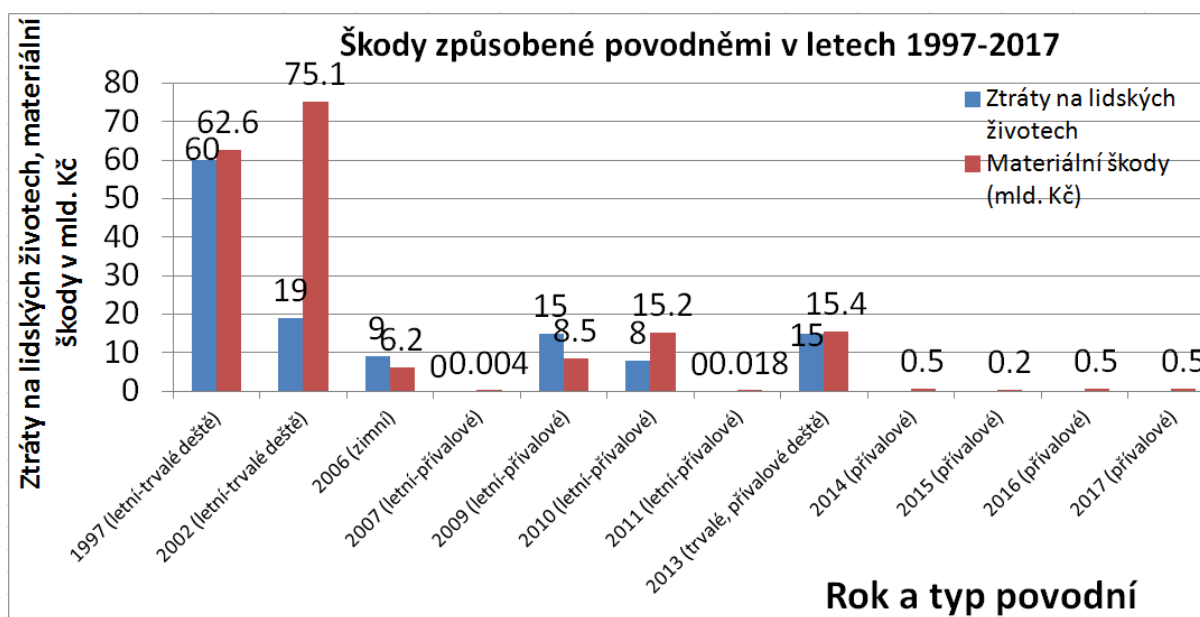
Předpověď konvektivních srážek je realizována prostřednictvím metod nowcastingu s využitím meteorologických radarů, popř. jiných metod distančního měření srážek a oblačnosti, při nichž můžeme získat předpověď s dobou předstihu maximálně na dvě hodiny. Druhý přístup se opírá o kvantitativní hodnocení podmínek konvektivní srážkové oblačnosti s využitím numerických modelů předpovědi počasí a statistiky historických situací. Kvantitativního hodnocení je zaměřeno na odhad budoucího vývoje počasí na delší dobu, řádově od 6 do 12 hodin (orientačně do 24 hodin). Tento přístup je dále rozvíjen v rámci disertační práce. Hlavním přínosem je prodloužení doby předstihu a zpřesnění předpovědi z hlediska menších územních celků než je kraj. Součástí této práce je také návrh informační podpory krizového řízení pro účely prevence a připravenosti před mimořádnou událostí. Nástrojem kvantitativního hodnocení podmínek pro posouzení vzniku a vývoje konvektivních srážkových oblaků je návrh Algoritmu předpovědi bouří, jehož výstupy je možné aplikovat pro potřeby krizového řízení kraje a menších územních celků.

V současnosti jsou předpovědní výstražné informace na nebezpečný jev Bouřka distribuovány prostřednictvím Systému Integrované Výstražné Služby Českého hydrometeorologického ústavu (dále ČHMÚ) pro území krajů a okresů. Zároveň, v rámci experimentálního režimu, ČHMÚ poskytuje informace o riziku vzniku přívalové povodně prostřednictvím Indikátoru přívalových povodní pro území obcí s rozšířenou působností (dále ORP) jednotlivých krajů. Návrh algoritmu počítá předpověď také pro území ORP a současně pro regiony ORP. Velikost jednoho regionu tvoří jednu třetinu velikosti území ORP. Zájmové území je vybráno území Zlínského kraje z důvodu častého výskytu přívalových povodní v historii a současně příznivých podmínek, podporujících počáteční vznik atmosférické konvekce z hlediska orografie reliéfu.

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Včasné varování před povodněmi představuje velmi obtížnou úlohu, která vyžaduje spolupráci odborníků dvou vědeckých disciplín, z oboru meteorologie a hydrologie. Kromě těchto dvou disciplín je důležité napojení na krizové řízení a integrovaný záchranný systém. Včasné varování před výskytem nebezpečných jevů je zajištěno Předpovědní výstražnou službou Českého hydrometeorologického ústavu (PVS ČHMÚ). (Obrusník, 2006)

Z obrázku 2.1 vyplývá, že Česká republika byla zasažena osmi rozsáhlými povodněmi za posledních 20 let, z čehož povodně z let 1997 a 2002 dosáhly katastrofálních rozměrů. Český hydrometeorologický ústav získával zkušenosti z těchto let, aby mohl využít získané poznatky a zkušenosti pro zlepšování metodiky vydávání výstražných informací a vazby PVS ČHMÚ na krizové řízení a Integrovaný záchranný systém. Právě tato vazba je velmi slabá v mnoha zemích, což má za následek, že předpovědi a výstrahy se téměř nedostanou ke koncovým uživatelům a úroveň povodňové připravenosti občanů a podniků je tímto velmi nízká (Obrusník, 2006).



Obrázek 2.1: Srovnání povodňových škod a ztrát na lidských životech v letech 1997-2017 pro území České republiky (Procházková, 2007; ČHMÚ, 1997-2017)

Oblast zpřesněné předpovědi konvektivních srážek a nebezpečných doprovodných jevů pro krajský územní celek, včetně jeho menších územních celků, je zatím opomíjenou oblastí. Předpovědní výstražné informace od SIVS ČHMÚ jsou distribuovány plošně pro jednotlivé kraje, resp. okresy. Doposud nebyl významnějším způsobem prozkoumán vliv orografie pro účely lokalizované předpovědi počasí. Ve Zlínském kraji byly v této věci Krajským úřadem Zlínského kraje pro potřeby krizového řízení učiněny první kroky.

Předpověď vzniku a vývoje konvektivní srážkové oblačnosti je realizována prostřednictvím těchto tří předpovědních systémů:

1. numerické modely předpovědi počasí,
2. nowcastingové systémy,
3. expertní meteorologické systémy.

Numerické modely předpovědi počasí (Numerical Weather Prediction – NWP) jsou informaticko-technické prostředky určené pro sběr dat, jejich zpracování, vyhodnocení a tvorbu předpovědi počasí (Starý, 2015). Hlavním výstupem modelů jsou mapy a grafy popisující budoucí stav vývoje počasí. V praxi, NWP modely se dělí na globální a regionální podle velikosti rozlišení. Rozlišení globálního modelu je nad 10 km, regionálního pod 10 km. Předpověď konvektivní srážkové oblačnosti prostřednictvím NWP modelů je omezena:

- Nedostatečnou rozlišovací schopností modelu (některé konvektivní buňky mají velikost v řádu čtverečních kilometrů).
- Nedostatečným množstvím vstupních dat ze sítě pozemních meteorologických stanic.

Nejpoužívanějšími globálními modely jsou modely ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) a GFS (Global Forecast System). Regionálním modelem je například model ALADIN, který je využíván v České republice, ale také v řadě evropských států.

Nowcastingové systémy pracují na principu metod nowcastingu s využitím dat meteorologických radarů, družic, sondážního měření a NWP modelů (meteogramů modelu). Hlavním nedostatkem metod nowcastingu jsou chyby radarového měření (závislost na vzdálenosti od radaru, útlum na velmi intenzivních srážkách aj.), omezená délka použitelné předpovědi zpravidla pouze na několik hodin dopředu (u konvekce pouze na 1 až 2 hodiny dopředu). Metody nowcastingu také neumožňují předpovídat dynamický vývoj konvektivních srážek v čase. Velmi krátkodobá předpověď srážek je realizována prostřednictvím nowcastingových systémů INCA_CZ a COTREC_CZ se vstupními daty modelu ALADIN a sítě meteorologických radarů CZRAD.

Expertní meteorologické systémy pracují s výstupy ostatních předpovědních a měřících systémů, např. koncepčních modelů, metod nowcastingu, dálkové detekce (met. radary, družice, systémy detekce blesků, apod.), aerologického a staničního měření a NWP modelů. Délka předpovědi je počítána do 12 hodin. Nedostatky expertních systémů se odráží ve výše uvedených systémech.

Nejznámějšími expertními systémy, používanými pro předpověď konvektivních srážek ve světě, jsou:

- GANDOLF (Generating Advanced Nowcasts for Deployment in Operational Land-based flood Forecasts) - je zaměřen na automatizovaný

nowcasting konvektivních srážek pod správou meteorologické služby MetOffice Velké Británie (Pierce, 2000).

- NORA (Nowcasting of Orographic Rainfall by means of Analogues) - výstupem jsou předpovědi generované ze statisticko-analytického modelu s využitím empirických poznatků orografie Italských Alp. (Panziera, 2011).
- ANC (AutoNowcaster) - pracuje s algoritmy fuzzy logiky a principů životního cyklu konvektivní buňky včetně metod dálkové detekce a NWP modelu. ANC generuje jednohodinové předpovědi, které jsou zasílány do meteorologického centra v Chicagu a Melbourne (Lakshmanan, 2012).
- COALITION (Context and Scale Oriented Thunderstorm Satellite Predictors Development) - umožňuje automaticky detekovat silné konvektivní srážky v počáteční fázi prostřednictvím radarových a předpovědních systémů, včetně vybraných indexů instability, střihu větru a orografických efektů v oblasti švýcarských Alp (Nisi, 2014; Řezáčová a kol., 2007)

V expertních meteorologických systémech jsou aplikovány také výsledky výzkumu, zaměřeného na studium vlivu orografie na vznik a vývoj konvektivních srážek. Vznik hluboké atmosférické konvekce v Andách a jeho závislost na orografických spouštěcích mechanismech byl ověřen výpočtem modelu WRF ve studii (Hiero a kol., 2012). Numerické modelování konvektivních srážek a vliv orografických efektů v kombinaci s vlhkostními parametry nad Středozezemním mořem (Sardinie, Korsika) bylo prokázáno ve studii (Ehmele a kol., 2014).

Předpověď rizika přívalových povodní je realizována prostřednictvím Flash Flood Guidance System. V České republice je provozován Indikátor přívalových povodní ČHMÚ (FFG-CZ), který pracuje se vstupními daty z meteorologických radarů, nasycenosti území a fyzicko-geografických charakteristik daného území (Hlásná a předpovědní povodňová služba ČHMÚ, 1997-2017).

Předpověď konvektivních bouří, spojených s výskytem nebezpečných jevů, je jedním z nejsložitějších problémů v současné meteorologii z hlediska předpovědi místa a času výskytu těchto bouří, včetně dostatečné doby předstihu.

Hlavním přínosem Algoritmu předpovědi bouří je:

- předpověď místa a času výskytu konvektivních srážek a nebezpečných jevů pro území menší než je krajský územní celek
- doby předstihu předpovědi na 6 až 12 hodin, orientačně až na 24 hodin.

3. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Téma dizertační práce je zaměřeno na návrh informační podpory krizového řízení kraje z hlediska hodnocení výskytu povodní. Mezi nejvýznamnější přírodní hrozby z hlediska četnosti výskytu patří povodně způsobené přívalovým deštěm. Minimalizace dopadů tohoto typu povodní úzce souvisí s jejich včasnou a přesnou předpovědí. Data z numerických modelů předpovědi počasí, statistických a historických údajů z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) budou systematicky analyzována a vyhodnocována za účelem vytvoření zprávy o budoucím výskytu konvektivních srážek a nebezpečných jevů pro potřeby orgánů krizového řízení.

Cíle disertační práce jsou:

1. Návrh Algoritmu předpovědi bouří pro účely krizového řízení kraje.
2. Analýza území vybraného kraje pro zpracování statistik historických povětrnostních situací.

Algoritmus předpovědi bouří bude navržen pro výpočet zpřesněné předpovědi s dobou předstihu předpovědi na 6 až 12 hodin (orientačně na 24 hodin). Tento Algoritmus vychází z principů analýzy a cíleného hodnocení výstupních meteorologických prvků a parametrů z numerických modelů předpovědi počasí, včetně hodnocení vlivu reliéfu na vznik a vývoj konvektivních srážek.

Hodnocení vlivu reliéfu a dalších charakteristik se opírá o prostorovou analýzu reliéfu a analýzu historických povětrnostních situací, včetně vybraných přívalových povodní za účelem vytvoření doplňující zpřesněné předpovědi k výstražným informacím od Českého hydrometeorologického ústavu.

4. ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

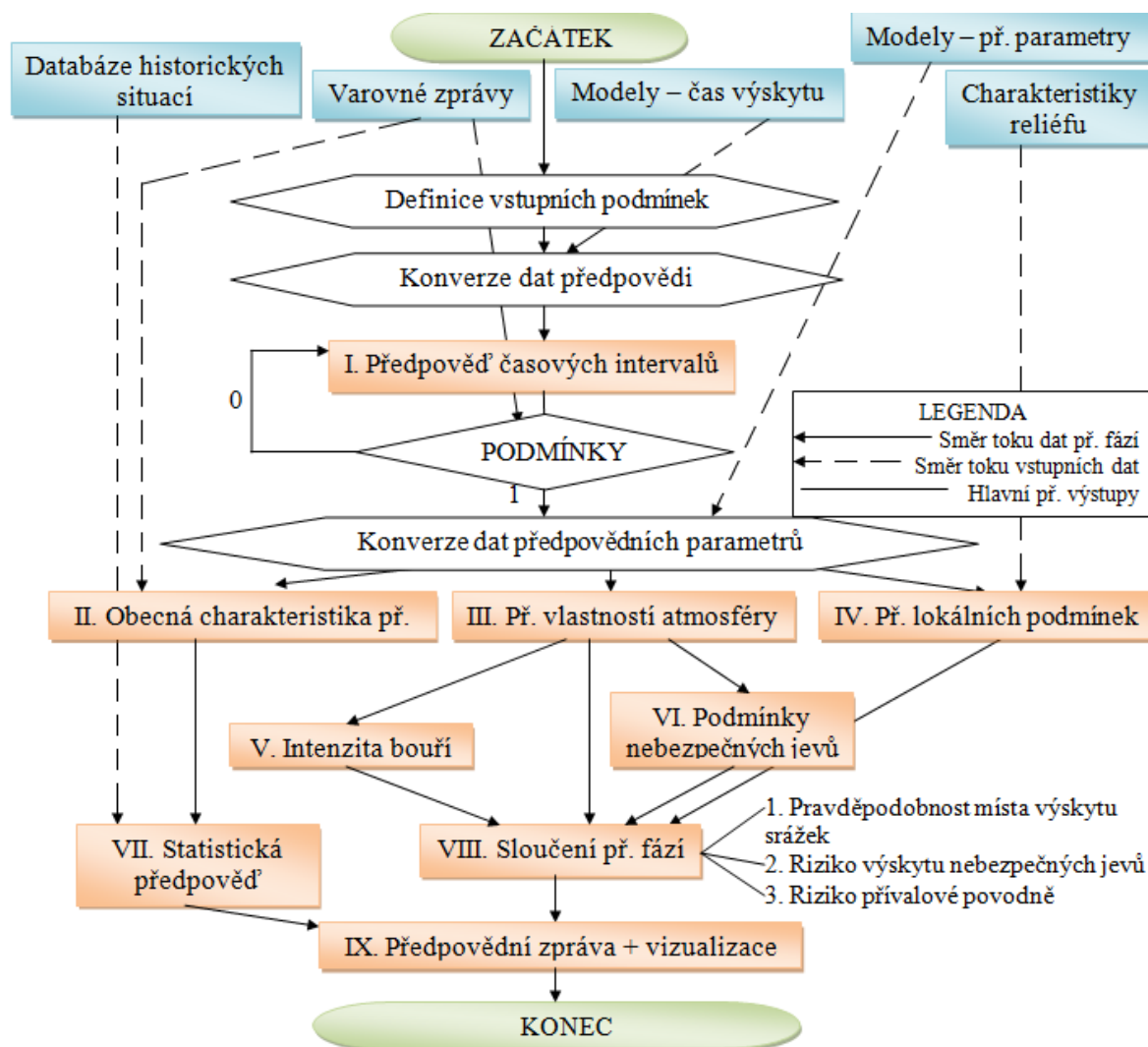
Pro zpracování a dosažení cílů dizertační práce jsou použity tyto metody vědecké práce:

- *Metoda analýzy* - používá principy logiky pro dosažení stanoveného cíle. Prostřednictvím analýzy je zkoumaný celek rozložen na jednotlivé části, u kterých se zjišťují vzájemné vztahy mezi prvky. Metoda analýzy je využita při studiu principů vzniku atmosférické konvekce, předpovědi počasí a zpracování statistik historických povětrnostních situací.
- *Metoda indukce* - slouží ke zkoumání skutečnosti, tvorby hypotézy ze získaných faktů. Indukce je považována za metodu, při níž se vychází z empiricky zjištěných faktů a dochází k obecným závěrům. Indukce se dále dělí na úplnou a neúplnou. V této práci je využita zejména neúplná indukce, která je statistickým zobecněním a má pravděpodobnostní charakter (zpracování statistik povětrnostních situací, tvorba předpovědi konvektivních srážek).
- *Metody prostorové analýzy* – je určena pro analýzu charakteristik reliéfu z hlediska výskytu silných konvektivních srážek pro vybrané povodňové události. Hlavními použitými metodami jsou Metoda nejmenších čtverců, Prostorová autokorelace a Hot Spot analýza. Výstupem těchto analýz bylo stanovení vah charakteristik reliéfu, z nichž byly vypočítány výsledné hodnoty charakteristik reliéfu pro předpověď potenciálních spouštěcích mechanismů v přízemní a mezní vrstvě atmosféry.
- *Metoda multikriteriálního hodnocení* - je metoda, která je určena pro rozhodování mezi několika variantami. Tato metoda je použita pro výpočet všech dílčích předpovědí a předpovědních výstupů v Algoritmu.
- *Experiment* – je použit při konfiguraci limitů předpovědních parametrů, rozdělených podle stupně intenzity bouřek, včetně hodnot jednotlivých charakteristik reliéfu. Experimentálně stanovené váhy nebezpečných doprovodných jevů a váhy suché a vlhké varianty rizika přívalových povodní jsou součástí výpočtu hlavních výstupů Algoritmu.

5. TEORETICKÝ RÁMEC

Jedním z cílů disertační práce je vytvoření návrhu Algoritmu předpovědi bouří za účelem zpřesnění a prodloužení doby předpovědi konvektivních srážek pro územní celky menší než území kraje.

Algoritmus předpovědi bouří generuje předpovědní zprávu pro každý tříhodinový interval zvlášť, která obsahuje sedm předpovědních výstupů.



Obrázek 5.2: Vývojový diagram Algoritmu předpovědi bouřek (vlastní zdroj)

Z obrázku 5.2 vyplývá, že Algoritmus předpovědi bouří používá devět předpovědních fází pro výpočet předpovědních výstupů.

První fáze je určena pro předpověď tříhodinových časových intervalů z výstupů NWP modelů, kterými jsou modely ALADIN pod správou ČHMÚ a SHMÚ, WRF ARW, WRF NMM v 3.4, HIRLAM, GDPS a EURO4. Současně, v rámci této fáze je provedena analýza podmínek času výskytu a výstražných informací pro pokračování výpočtů následujících předpovědních fází.

Druhá fáze obsahuje informace o předpovídané situaci, například směru větru v hladinách 700, 600 a 500 hPa, reprezentující směr pohybu srážek z modelu WRF NMM v 3.4, předpovědní výstražné informace ČHMÚ, METEOALARMu a ESTOFEXu, slovní a synoptické předpovědi a aktuální synoptické situaci, získanou z portálu ČHMÚ.

Třetí fáze je zaměřena na předpověď vlastností atmosféry. Vlastnosti atmosféry jsou počítány z předpovědních parametrů NWP modelů a určují potenciál atmosféry, příznivý pro vznik a vývoj konvektivních srážek, včetně nebezpečných jevů. Výstupy této fáze jsou součástí předpovědi intenzity bouří a pravděpodobnosti výskytu nebezpečných doprovodných jevů.

Koeficienty dílčích předpovědí vlastností atmosféry a následujících předpovědních fází jsou vypočteny na základě dvou níže uvedených vzorců:

$$P_{h_i} = \frac{h_i}{3 \sum n}, \quad (5.1)$$

$$h_i = \sum_{j=1}^k v_j y_{ij}, \quad (5.2)$$

kde P_{h_i} je pravděpodobnost dílčí předpovědi, převedená podle klasifikační tabulky na koeficienty od 0 do 3; h_i je ohodnocená i -tá varianta dílčí předpovědi; y_{ij} jsou hodnoty kritériální matice Y (hodnoty koeficientů, konvertovaných předpovědních parametrů z NWP modelů) a v_j je váha j -tého kritéria (Hovorka, 2013), což jsou váhy hodnot koeficientů předpovědních parametrů. Dílčími předpověďmi jsou soubory předpovědních parametrů, kterými jsou denní a noční instabilita, spouštěcí a orografické podpůrné mechanismy konvekce, stříh větru; mechanismy podporující vznik nebezpečných jevů, organizaci a pohyb bouře.

Výstupem čtvrté fáze je předpověď potenciálních spouštěcích mechanismů konvekce, kterými jsou vlivy teploty, vlhkosti, proudění vzduchu a orografie v přízemní a mezní vrstvě atmosféry.

Tabulka 5.1 Potenciální spouštěcí mechanismy konvekce a jejich char. reliéfu

Mechanismy	Charakteristiky reliéfu
Teplotní a vlhkostní vlivy	Sklonitost a orientace svahů, Světelnost od jihozápadu, Pokrytí vegetací, Teplotní gradient, IR kontrast typů půd, Stupeň pokrytí oblačností a Teplota a relativní vlhkost ve 2 m nad zemí.
Vlivy proudění vzduchu	Sídelní útvar, Šířka údolí, Obtékání překážek a Rychlost větru 10 m nad zemí
Orografické vlivy	Nadmořská výška a Šířka hřebene

Počáteční hodnoty koeficientů charakteristik reliéfu, uvedených v Tabulce 5.1 byly stanoveny metodami prostorové analýzy. V rámci této analýzy byly vypočteny váhy jednotlivých charakteristik, z nichž byly určeny výsledné váhy charakteristik reliéfu.

Pátá a šestá fáze vychází z výstupů jednotlivých předpovědních parametrů vlastností atmosféry za účelem stanovení intenzity bouří a pravděpodobnosti výskytu nebezpečných jevů (přívalový déšť, krupobití, silné nárazy větru a tornáda).

Sedmá fáze obsahuje výstupy ze statistik rozložení konvektivních srážek z let 2011-2016 včetně nejvýznamnějších povodňových událostí z let 2007-2016. Tato předpovědní fáze je prováděna výběrem směru proudění a dané dráhy bouřek, včetně přiřazení historické situace z databáze statistik k dané předpovídané situaci.

Osmá fáze slučuje výstupy předchozích fází za účelem výpočtu předpovědi pravděpodobnosti výskytu srážek, rizika výskytu nebezpečných jevů a rizika přívalových povodní. Riziko přívalových povodní je stanoveno na základě stupně nasycení území, sumy potenciálně rizikových srážek za 1 hodinu, pravděpodobnosti výskytu srážek, intenzity bouří, podmínek podporující pohyb srážek a nebezpečných jevů s jejich váhami pro tzv. suchou a vlhkou variantu:

Tabulka 5.2 Váhy suché a vlhké varianty předpovědi rizika přív. povodně.

Váhy/par.	Nasycení území	Suma 1h.	Místo srážek	Intenzita bouří	Pohyb bouří	Neb. jevy
Suchá v.	1	1	3	3	3	2
Vlhká v.	3	3	3	3	2	1

Váhy suché a vlhké varianty předpovědi rizika přívalové povodně podle Tabulky 5.2 byly přiřazeny na základě analýzy tří povodní z let 2015 až 2017.

Devátá fáze generuje zprávu, která sumarizuje předpovědní výstupy Algoritmu, seřazených podle jejich důležitosti pro potřeby orgánů krizového řízení v případě hrozby přívalové povodně:

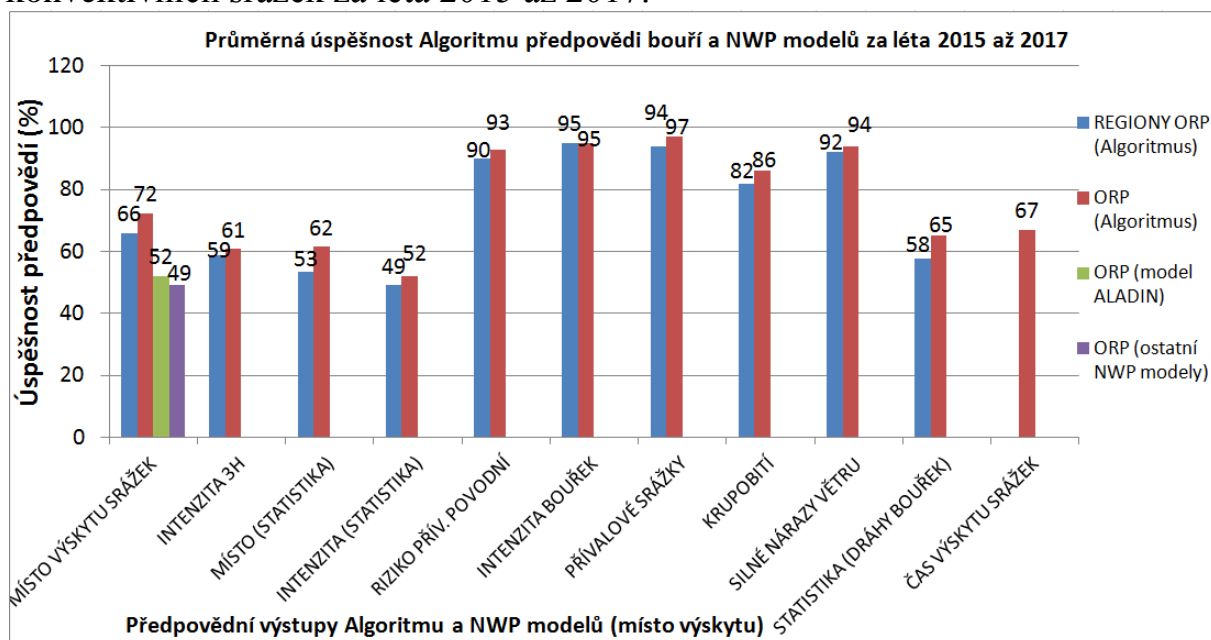
1. obecná charakteristika předpovídané situace,
2. předpověď rizika přívalových povodní,
3. předpověď intenzity bouří (srovnání s př. výstrahami SIVS ČHMÚ),
4. předpověď pravděpodobnosti místa a intenzity konv. srážek (Algoritmus),
5. předpověď pravděpodobnosti času a místa konv. srážek (NWP modely),
6. předpověď rizika nebezpečných doprovodných jevů,
7. předpověď pravděpodobnosti místa a intenzity konv. srážek (statistika),

Hlavními př. výstupy jsou obecná charakteristika, riziko přív. povodní, intenzita bouří a pravděpodobnost místa (Algoritmus) a času výskytu konv. srážek (NWP modely), které lze využít pro podporu rozhodování pracovníků krizového řízení před možností vzniku přívalové povodně.

6. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

Hlavní výsledky práce byly ověřeny standardními metodami, které jsou používány pro verifikaci předpovědí hodnoceného meteorologického prvku. Pro analýzu zkoumaných dat byla použita kontingenční tabulka, rozdělená do čtyř polí jako počet hitů (*a*), chybných předpovědí (*b*), falešných poplachů (*c*) a správného vyloučení (*d*). Kategorie *a* a *d* jsou pro předpověď příznivé, naopak *b* a *c* nepříznivé. Hodnota *d* velmi často převyšuje hodnotu *a* v případě výskytu extrémních jevů (Zacharov, 2004). Verifikace byla realizována prostřednictvím statistických kritérií Accuracy, Bias score (BIAS), Probability Of Detection (POD), False Alarm Ratio (FAR), Critical Success Index (Threat Score) – CSI, Heidke Skill Scores (HSS), Probability Skill Scores (PSS), True Skill Statistics (TSS).

Celkem bylo verifikováno 63 situací a 83 tříhodinových intervalů s výskytem konvektivních srážek za léta 2015 až 2017:



Obrázek 6.3: Srovnání přesnosti předpovědi Algoritmu a NWP modelů za léta 2015 až 2017 (vlastní zdroj)

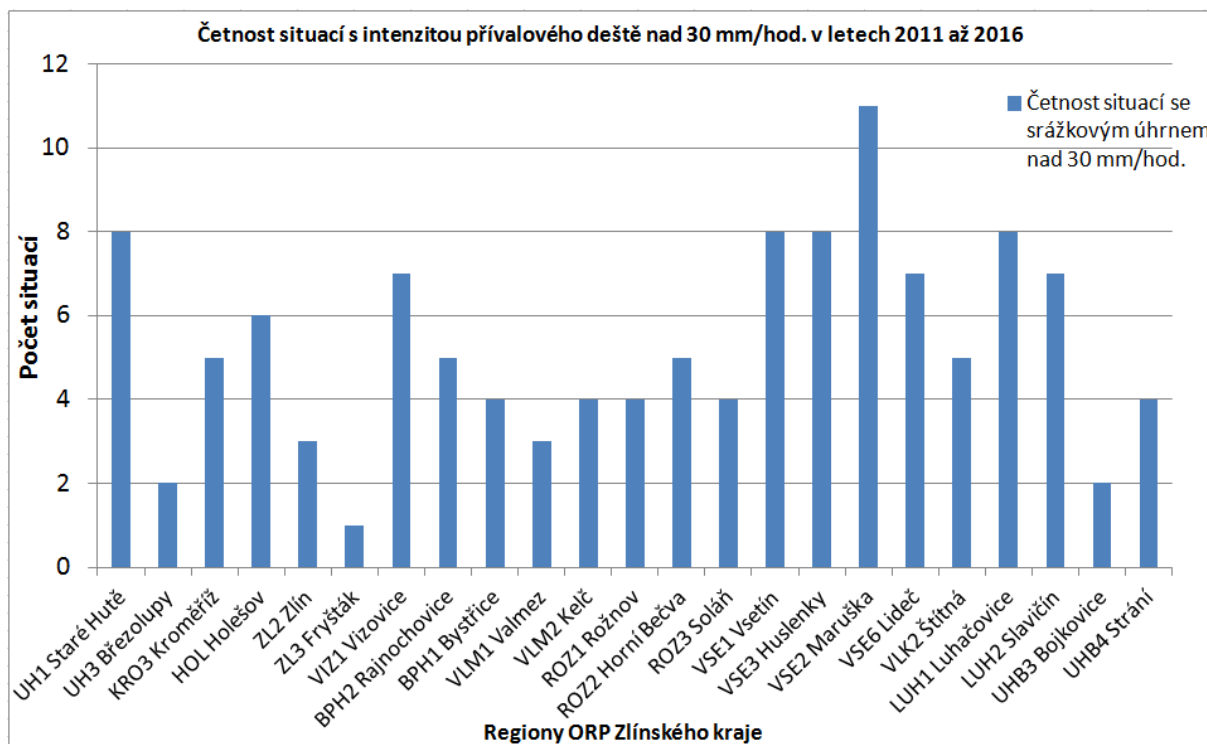
Podle obrázku 6.3 průměrná přesnost Algoritmu pro ORP byla o 5 až 10 % vyšší než u regionů ORP z důvodu větší předpovídané plochy zájmového území. Přesnost předpovědi čtyř povodňových situací za léta 2015 až 2017 dosáhla podobných hodnot jako ve výše uvedeném grafu.

Tabulka 6.3 uvádí srovnání verifikace předpovědi Algoritmu a NWP modelů. Předpověď místa a intenzity konvektivních srážek byla podstatně vyšší oproti úspěšnosti předpovědi nebezpečných jevů u většiny kritérií kromě kritéria PSS.

Tabulka 6.3 Verifikace předpovědních výstupů Algoritmu, NWP modelů a statistiky podle kritérií Skill Scores.

Předpovědní výstupy/ verifikační kritéria	POD	FAR	CSI	HSS	PSS	TSS
Výskyt srážek (Algoritmus)	0.77	0.21	0.64	0.21	0.73	0.23
Statistika (dráhy bouřek)	0.75	0.27	0.55	0.17	0.65	0.18
Výskyt srážek (NWP modely)	0.41	0.36	0.29	0.07	0.50	0.10
Srážky (model ALADIN)	0.37	0.35	0.28	0.09	0.52	0.13
Riziko přívalové povodně	0.70	0.88	0.08	0.06	0.90	0.17
Krupobití	0.42	0.70	0.10	0.07	0.83	0.07
Silné nárazy větru	0.51	0.74	0.21	0.08	0.91	0.12

Z tabulky 6.3 vyplývá, že nebezpečné jevy dosáhly téměř trojnásobného počtu falešných poplachů oproti předpovědi místa a intenzity konvektivních srážek z důvodu řídkého výskytu těchto jevů u jednotlivých situací.



Obrázek 6.4: Statistika četnosti situací s přívalovým deštěm (ČHMÚ, 1997-2017)

Obrázek 6.4 uvádí četnost výskytu srážkových úhrnů o intenzitě vyšší než 30 mm/hod. v jednotlivých regionech ORP Zlínského kraje, které představují zvýšené riziko přívalových povodní. Nejvyšší četnost výskytu intenzivních srážek byla zaznamenána v regionech s výraznější orografií, zejména v pohořích Moravsko-slezských Beskyd, Hostýnsko-Vsetínské hornatiny, Bílých Karpat, Vizovické vrchoviny a Chřiby. Tímto je statisticky potvrzena určitá korelace mezi intenzivními konvektivními srážkami a orografií terénu.

7. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

V rámci této kapitoly je popsán význam návrhu Algoritmu předpovědi bouří pro vědu i praxi z hlediska jejího obsahu a naplněných cílů. Výstupem je popis využití výsledků výzkumu, uvedeného v následujících dvou podkapitolách.

7.1 Přínos práce pro vědu

Tato disertační práce je přínosná vědecké komunitě zejména z hlediska uvedení nového postupu kvantitativního hodnocení předpovědi konvektivních srážek a nebezpečných jevů včetně výpočtu rizika přívalové povodně. Výstupy těchto postupů byly implementovány do navrženého Algoritmu předpovědi bouří. Algoritmus byl ověřen z hlediska vhodné konfigurace předpovědních fází a parametrů NWP modelů, včetně jednotlivých charakteristik reliéfu na základě 63 vypočítaných předpovědí za léta 2015 až 2017. Tyto charakteristiky byly také ověřeny prostřednictvím metod prostorové analýzy s využitím platformy ArcGIS.

Hlavním cílem navrženého Algoritmu je zpřesněná předpověď místa výskytu srážek pro území menší, než je krajský územní celek. Velikost předpovídané plochy představuje území obcí s rozšířenou působností a experimentálně stanovených regionů ORP. Dalším cílem Algoritmu je prodloužení celkové doby předstihu na 6 až 12 hodin (orientačně až na 24 hodin) prostřednictvím NWP modelů, které tvoří jeden z hlavních zdrojů vstupních dat Algoritmu.

Algoritmus předpovědi bouří byl navržen na základě analýzy dostupných publikačních a knižních výstupů jako logicky uspořádaný celek vstupních dat z NWP modelů a ostatních dat pro účely statistické předpovědi. V rámci výpočtů předpovědí celé řady situací, spojených s výskytem konvektivních srážek, byla otestována celá řada předpovědních výstupů, použitelných v praxi. V první řadě se jedná o parametry určující budoucí vývoj vlastností atmosféry. Zde, kromě tradičních indexů instability, kterými jsou například modifikace CAPE, úspěšně byly testovány další parametry jako Moisture Convergence a Moisture Flux Divergence v hladině 0 - 1 km. Tyto předpovědní parametry byly experimentálně vyvinuty v USA a u nás jsou v předpovědní praxi používány pro orientační odhad podmínek, příznivých pro počáteční vznik konvekce. Nicméně, po jejich důsledném otestování bylo zjištěno, že právě tyto parametry významně ovlivňují vysokou úspěšnost předpovědních výstupů Algoritmu. A proto tyto předpovědní parametry dostaly vyšší prioritu a vyskytují se v mnoha dílčích i hlavních předpovědních výstupech Algoritmu. Dalšími významnými předpovědními parametry jsou mechanismy, podporující pohyb bouře. Na základě výpočtu předpovědí, včetně analýzy skutečného stavu tří povodňových událostí v letech 2015 až 2017, bylo prokázáno, že právě velmi pomalý nebo až stacionární pohyb konvektivních bouří významně podpořil vznik přívalových povodní ve Zlínském kraji. Z těchto důvodů, tento dílčí předpovědní výstup byl implementován do předpovědi intenzity bouří a rizika přívalových povodní.

Výsledky disertační práce v této odborné oblasti byly publikovány v řadě odborných příspěvků v rámci mezinárodních konferencí a recenzovaných časopisech, evidovaných v databázích Scopus a Web of Science.

7.2 Přínos práce pro praxi

Hlavní výsledky práce bude možné uplatnit zejména v oblasti krizového řízení jako podpora včasného varování před pravděpodobným nebo již aktuálním výskytem silných konvektivních srážek a nebezpečných doprovodných jevů, které mohou vyvolat přívalové povodně. V budoucnosti, přínos této práce bude mít jistě zásadní společenský význam. Hlavním úkolem státu je zajistit bezpečnost občana. Nicméně, současné možnosti státu, ale i vědy a techniky neumožňují realizovat tento úkol v plném rozsahu. Jedním z hlavních přínosů je včasné varování před touto nenadálou mimořádnou událostí. Dalším přínosem je využití v řadě dalších odvětví, například ochrany prvků kritické infrastruktury, zemědělství, dopravě, průmyslové výrobě, pojišťovnictví a všude tam, kde počasí může významně ovlivnit svými negativními projevy lidskou činnost. Přínos této práce může být oceněn jak obyvatelstvem, tak i subjekty soukromého sektoru. Důležitý přínos může mít i v pojišťovnictví, kde by mohla být využita statistika rozložení konvektivních srážek pro hodnocení nejrizikovějších oblastí z hlediska výskytu přívalových povodní, ale také nebezpečných jevů (krupobití, silných nárazů větru, apod.). Jedním z hlavních důvodů, proč je nutné výzkumu této oblasti věnovat zvýšenou pozornost, je kvůli nárůstu četnosti výskytu extrémních projevů počasí, způsobených globální změnou klimatu.

Předpověď konvektivních srážek a nebezpečných jevů s delší dobou předstihu, řádově několika hodin, bude součástí návrhu informačního podpory krizového řízení kraje, jehož účelem bude poskytování informací o budoucím i aktuálním stavu srážkové situace pro jednotlivá ORP v kraji. Tyto výstupy budou následně porovnány s předpovědní výstražnou informací SIVS ČHMÚ. V prvním případě, když výstraha na výskyt nebezpečí silných bouřek nebude vydána, pak budou tyto výstupy sloužit pro orientační náhled na budoucí vývoj situace. V druhém případě, pokud výstraha bude vydána, pak jsou tyto informace cenným zdrojem z hlediska doplňující a zpřesňující předpovědi k výstrahám ČHMÚ. Z hlediska předpovědi s kratší dobou předstihu, maximálně do hodiny, tyto informace budou doplněny o výstupy nowcastingu s využitím meteorologických radarů, včetně dalších informačních zdrojů, například družicového měření oblačnosti, aerologického měření atmosféry, staničního měření meteorologických prvků, popř. hydrologických informací. Tyto výstupy mohou významně podpořit rozhodovací procesy pracovníků krizového řízení při hrozbě povodní, vyvolaných přívalovým deštěm.

8. ZÁVĚR

V průběhu řešení dizertační práce byly specifikovány dva cíle, který byly orientovány na návrh kvantitativního hodnocení podmínek, příznivých pro vznik přívalových povodní. Tento typ povodní v posledních letech způsobil značné materiální škody a v důsledku toho stanovil hlavní problém pro orgány krizového řízení. Úkolem těchto orgánů je zajistit včasná preventivní opatření v případě blížící se povodně. Orgány krizového řízení nemají v současnosti dostatek detailních informací o budoucím výskytu intenzivních konvektivních srážek od Českého hydrometeorologického ústavu, který tyto informace poskytuje prostřednictvím Systému Integrované Výstražné Služby. A proto hlavním cílem této práce bylo navrhnout a ověřit algoritmus, který by danou předpověď zpřesnil z hlediska lokálního výskytu těchto nebezpečných jevů s dostatečnou dobou předstihu.

Hlavním přínosem této práce z hlediska novosti je návrh Algoritmu předpovědi bouří, jehož součástí je předpověď podmínek, podporujících počáteční vznik a vývoj konvekce s využitím analýzy zkoumaného terénu vybraného krajského územního celku. Vliv těchto podmínek na výskyt silných konvektivních srážek, které způsobilý přívalové povodně ve Zlínském kraji, byl ověřen prostorovou analýzou jedenácti charakteristik reliéfu. Mimo tyto analýzy byla provedena statistika rozložení konvektivních srážek pro osm směrů proudění, která potvrdila četnost výskytu srážek v souvislosti s vlivy potenciálních spouštěcích mechanismů, podporujících počáteční vznik atmosférické konvekce.

Mimo návrh Algoritmu předpovědi bouří, jakožto jednoho z cílů práce, byla vytvořena „Metodika využití meteorologického radaru Zlínského kraje pro potřeby krizového řízení“. V rámci této metodiky byly implementovány některé postupy kvantitativního hodnocení podmínek pro vznik povodní, včetně poznatků získaných při práci s X-pásmovými, C-pásmovými meteorologickými radary a ostatními meteorologickými měřicími a předpovědními nástroji.

V současnosti, tento Algoritmus zatím nebyl programován z důvodu jeho testování na řadě historických situací a následnou konfigurací předpovědních parametrů a klasifikačních tabulek. V následujících letech proto bude nutné tento Algoritmus prověřit na mnohem větším počtu situací tak, aby byla dostatečně ověřena jeho funkcionality a konfigurace všech předpovědních parametrů. Programování Algoritmu bude řešeno v rámci připravovaných vědeckovýzkumných projektů.

Budoucí výzkum bude zaměřen na revizi poslední optimalizace Algoritmu za účelem nalezení nejvhodnějších předpovědních parametrů a dosažení vyšší úspěšnosti oproti současnému stavu. Hlavním záměrem bude nabídnout tento Algoritmus Českému hydrometeorologickému ústavu pro zařazení do operativního režimu z hlediska vydávání předpovědních výstražných informací na nebezpečné jevy, související s výskytem konvektivních bouří.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

EHMELE, F., BARTHLOTT Ch., CORSMEIER U., DE LA TORRE A., ALEXANDER P., ODIARD A. The influence of Sardinia on Corsican rainfall in the western Mediterranean Sea: A numerical sensitivity study. *Atmospheric Research* [online]., 2015, 153, 451-464, <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169809514003731>

Český hydrometeorologický ústav [online]. © 1997-2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné také z: <http://portal.chmi.cz/>

HIERRO, R., PESSANO H., LLAMEDO P., DE LA TORRE A., ALEXANDER P., ODIARD A. Orographic effects related to deep convection events over the Andes region. *Atmospheric Research*, 201, 3120-121, 216-225 <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169809512002876>

HOVORKA, M. *Využití metod multikriteriálního hodnocení v bezpečnostní praxi*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce: doc. Ing. Luděk Lukáš, CSc. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/25342/hovorka_2013_dp.pdf?sequence=1

LAKSHMANAN, V., CROCKETT, J., SPEROW K., BA, M., XIN, L. Tuning AutoNowcaster Automatically. *Weather and Forecasting* [online]. 2012, 27(6): 1568-1579. DOI: 10.1175/WAF-D-11-00141.1. ISSN 0882-8156. Dostupné z: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/WAF-D-11-00141.1>

NISI, L., AMBROSETI, P. A CLEMENTI, L. Nowcasting severe convection in the Alpine region: the COALITION approach. Quarterly. *Journal of the Royal Meteorological Society* [online]. 2014, vol. 140, issue 682, s. 1684-1699 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1002/qj.2249. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/qj.2249>

OBRUSNÍK, I. 2006. Rizikové situace způsobené počasím. *Meteorologické zprávy: Meteorological Bulletin* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 59(6) ISSN 0026-1173. Dostupné z: [http://iris.env.cz/ris/ekodisk-new.nsf/e75c7074f3a42826c1256b0100778c9a/4ab2c3258d4743aac12576410026f2b0/\\$FILE/MZ%202006_6.pdf](http://iris.env.cz/ris/ekodisk-new.nsf/e75c7074f3a42826c1256b0100778c9a/4ab2c3258d4743aac12576410026f2b0/$FILE/MZ%202006_6.pdf)

PANZIERA, L. GERMANN, U., GABELLA, M. P., MANDPAKA, V. "NORA-Nowcasting of Orographic Rainfall by means of Analogues: the COALITION approach. Quarterly" *Journal of the Royal Meteorological Society* [online]. 2011, vol. 137, pp. 661, s. 2106-2123 [cit. 2014-12-23]. DOI: 10.1002/qj.878. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/qj.878>

PIERCE, C. E., HARDAKER P. J., COLLIER C. G., HAGGETT C. M. GANDOLF: a system for generating automated nowcasts of convective

precipitation. *Meteorological Applications* [online]. 7(4): 341-360. DOI: 10.1017/S135048270000164X. ISSN 13504827. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1017/S135048270000164X>

Přívalové povodně a možnosti jejich predikce. *Hlásná a předpovědní povodňová služba*. [online]. © 1997-2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/pruvodce_vodohospodari_ffg.html

ŘEZÁČOVÁ, D. et al. *Fyzika oblaků a srážek*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2007. 574 s., Gerstner; sv. 2. ISBN 978-80-200-1505-1.

STARÝ, M. ČVUT v Brně. *Hydrologie* [online]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS02-Hydrologie/M02-Hydrologie%20-%20pokracovani.pdf>

ZACHAROV, P. *Diagnostické a prognostické prekurzory srážkové konvekce* [online]. Praha, 2004. [cit. 2017-05-29]. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta. Vedoucí práce Prof. RNDr. Jan Bednář, CSc. Dostupné také z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/44489/?lang=en>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1: Srovnání povodňových škod a ztrát na lidských životech v letech 1997-2017 pro území České republiky	6
Obrázek 5.2. Diagram Algoritmu předpovědi bouřek.....	11
Obrázek 6.3: Srovnání přesnosti (Accuracy) předpovědí Algoritmu a NWP modelů za léta 2015 až 2017	14
Obrázek 6.4: Statistika četnosti situací s intenzitou srážek nad 30 mm/hod.	15

SEZNAM TABULEK

Tabulka 5.1 Potenciální spouštěcí mechanismy konvekce a jejich char. reliéfu	12
Tabulka 5.2 Váhy suché a vlhké varianty předpovědi rizika přívalové povodně.	13
Tabulka 6.3 Verifikace předpovědních výstupů Algoritmu, NWP modelů a statistiky podle kritérií Skill Scores.	15

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ANC	AutoNowCaster
BIAS	Bias score
COALITION	Context and Scale Oriented Thunderstorm Satellite Predictors Development
CSI	Critical Success Index
CZRAD	Czech Radar Network Systém
ČHMÚ	Český Hydrometeorologický ústav
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
ESTOFEX	European Storm Forecast Experiment
FAR	False Alarm Ratio
GANDOLF	Generating Advanced Nowcasts for Deployment in Operational Land-based flood Forecasts
GFS	Global Forecasting System
HIRLAM	High Resolution Limited Area Model
HSS	Heidke Skill Score
NORA	Nowcasting of Orographic Rainfall by means of Analogues
NWP	Numerical Weather Prediction Models
ORP	Obec s rozšířenou působností
POD	Probability Of Detection
PSS	Probablity Skill Score
PVS	Předpovědní Výstražný Systém
SIVS	Systém Integrované Výstražné Služby
SR	Success Ratio
TSS	True Skill Statistics

PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA

Články v recenzovaných časopisech evidovaných v databázi WoS, SCOPUS

ŠAUR, D. a PLŠEK S. Measurement and prediction of precipitation using a MMR50 Meteorological Radar. *International Journal of Curcuits, Systems and Signal Processing* [online]. 2014, Volume 8, s. 8 [cit. 2015-01-05]. ISSN: 1998-4464. Dostupné

z: <http://www.naun.org/main/NAUN/circuitssystemssignal/2014/a192005-045.pdf>

ŠAUR D., ŽÁK R., ŠVEJDA J. The Use of Radar Data Mining for Forecasting of Convective Precipitation. *International Journal Energy and Environment*. Vol 10, 2016, pp.: 124-131. ISSN 2308-1007.

ŠAUR, D. Methodology of the Use of Meteorological Radar MMR50 and Other Meteorological Systems for Purpose Determination Risk of Flash Floods. *WSEAS Transactions on Computer Research*, 2016, roč. 2016, č. Volume 4, s. 109-122. ISSN 1109-2750.

Články přijaté do recenzního řízení v impaktovaném časopise evidovaném v databázi WoS, SCOPUS

ŠAUR, D. The Algorithm of Storm Prediction as one of the forecasting tools of convective precipitation and dangerous phenomena in the region. *Geografie*. Česká geografická společnost, 2017, 1-22. ISSN 1212-0014.

ŠAUR, D. Correlation dependence of potential triggers for the initial formation of convection and local intense precipitation. *Geografie*. Česká geografická společnost, 2017, 1-22. ISSN 1212-0014.

Články ve vědeckých nebo odborných časopisech neevidovaných v databázi WoS, SCOPUS

ŠAUR, D. Využití informační podpory pro krizové řízení. *Odborný vědecký časopis Trilobit* [online]. 2009-2015, 2/2014 [cit. 2015-02-06]. ISSN: 1804-1795. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/vyuziti-informacni-podpory-pro-krizove-rizeni>

ŠAUR, D. Využití povodňového simulátoru POSIM pro tvorbu povodňových plánů. *Odborný vědecký časopis Trilobit* [online]. 2009-2015, 2/2014 [cit. 2015-02-06]. ISSN: 1804-1795. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/vyuziti-povodnoveho-simulatoru-posim-pro-tvorbu-povodnovych-planu>

Články ve sborníku konference evidovaných v databázi WoS, SCOPUS

ŠAUR, D. a PLŠEK S. *Mobile Meteorological Radar Uses in Crisis Management. LATEST TRENDS on SYSTEMS - VOLUMES I & II* [online]. Santorini Island, Greece, July 17-21, 2014, s. 147-153 [cit. 2014-09-24]. ISBN: 978-1-61804-243-9. ISSN: 1790-5117. Dostupné z: <http://www.europment.org/library/2014/santorini/bypaper/SYSTEMS/SYSTEMS-00.pdf>

ŠAUR, D. a VÁVRA J. *Use of the Radar and Station Precipitation Measurement for Analysis of Orographic Convection*. 2015. Military Engineering, Geospatial and Meteorological Support. Brno: Univerzita obrany v Brně, s. 1-7.

ŠAUR D., ŽÁK R., ŠVEJDA J. *Data Mining from Radar Precipitation Measurement of the CZRAD Network*. 19. International Conference on Systems (CSCC '15), Special Session: Informatics in Control Theory and its Applications – Control Applications. Recent Advances in Systems. Zakynthos Island, Greece, July 16-20, 2015, s. 280-285. ISBN: 978-1-61804-321-4. ISSN: 1790-5117

ŠAUR, D. *Evaluation of the Accuracy of Numerical Weather Prediction Models*. Proceedings of the 4th Computer Science On-line Conference 2015 (CSOC2015), 2015. Springer Verlag, s. 181-193. ISBN 978-3-319-18476-0. Dostupné také z: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-18476-0_1

ŠAUR D. *Comparison of Success Rate of Numerical Weather Prediction Models with Forecasting System of Convective Precipitation*. Proceedings of the 5th Computer Science On-line Conference 2016 (CSOC2016), 2016, Vol 1, Springer, pp.: 307-319. ISSN 2194-5357, ISBN 978-3-319-33623-7, doi: 10.1007/978-3-319-33625-1.

ŠAUR D., ĎURICOVÁ L. *Comprehensive System of Intense Convective Precipitation Forecasts for Regional Crisis Management*, The Tenth International Conference on Emerging Security Information, System and Technologies, SECURWARE 2016, IARIA, July 24- 28, 2016, pp. 111-116, ISBN: 978-1-64208-493-0.

ŠAUR D., TOMÁŠEK P. *Monitoring and forecasting of intensive convective precipitation with the use of the mobile meteorological radar (MMR50)*. Matec Web of Conferences , CSCC 2016, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20167605010>

ŠAUR, D. *Forecasting of Convective Precipitation Through NWP Models and Algorithm of Storms Prediction*. Artificial Intelligence Trends in Intelligent Systems: Proceedings of the 6th Computer Science On-line Conference 2017 (CSOC2017). 2017, s. 125-136. DOI: 10.1007/978-3-319-57261-1_13. ISSN

2194-5365. Dostupné také z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-57261-1_13

ŠAUR, D. *Methods of predicting flash floods*. 2017. Military Engineering, Geospatial and Meteorological Support. Brno: Univerzita obrany v Brně, s. 1-7.

Články ve sborníku konference nevidovaných v databázi WoS, SCOPUS

ŠAUR, D. a LUKÁŠ L. *Výpočetní modely předpovědi počasí jako podpůrný nástroj pro krizové řízení*. In: Zborník príspevkov 7.medzinárodnej vedeckej konferencie Bezpečné Slovensko a Európska Únia. Košice, Slovensko: Vysoká škola bezpečnostného manažerstva v Košicích. 2014, s. 10. ISBN 978-80-89282-88-3.

ŠAUR, D. *Srovnání nowcastingových systémů pro tvorbu předpovědi počasí*. Sborník konference: Interdisciplinární mezinárodní vědecká konference doktorandů a odborných asistentů *QUAERE 2014*. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, 4. vyd. 2014. ISBN 978-80-87952-04-7, ETTN 085-14-13028-06-2.

ŠAUR, D. *Využití informační podpory při tvorbě povodňových plánů*. In: Sborník příspěvků z konference Ochrana obyvatelstva 2014. Ostrava: Fakulta bezpečnostního inženýrství Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, s. 11. ISBN 978-80-7385-142-2 ISSN 1803-7372.

ŠAUR, D. *Contribution and limitations of the MMR50 Meteorological Radar (Xband) regarding the crisis management of the Zlin Region*. In: 14th EMS Annual Meeting & 10th European Conference on Applied Climatology (ECAC) [online]. Prague, Czech Republic, 06 – 10 October 2014 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z: presentations.copernicus.org/EMS2014-101_presentation.pdf

ŠAUR D. a PAVLÍK L. *Využití programu SFÉRA pro účely ochrany kritické infrastruktury*. Bezpečnostní technologie, systémy a management 2015, Sborník příspěvků 5. mezinárodní konference, 19. 11, 2015, Zlín, vyd.: 1., 2015 ISBN:978-80-7454-559-7

Interní dokument

ŠAUR, D. *Metodika využití meteorologického radaru Zlínského kraje pro potřeby krizového řízení*. Zlín, Zlínský kraj, 2016.

PROFESNÍ ŽIVOTOPIS AUTORA

OSOBNÍ ÚDAJE

JMÉNO A PŘÍJMENÍ

Ing. David Šaur

MÍSTO A DATUM NAROZENÍ

Brno, 20.9.1988

ADRESA

Valachův žleb 4893, Zlín

VZDĚLÁNÍ

95-00

18. Základní škola ve Zlíně

00-08

Gymnázium T.G.M s právem státní
jazykové zkoušky Zlín

08-13

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
Fakulta aplikované informatiky,
Bezpečnostní technologie, systémy
a management, titul inženýr

13-17

Doktorské studium na Univerzitě
Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta
aplikované informatiky, Inženýrská
informatika

PRAXE

16

Spolupráce se Zlínským krajem –
Metodika využití meteorologického
radaru Zlínského kraje pro potřeby
krizového řízení

KURZY

07-08

Jazykový kurz angličtiny

16-17

ArcGIS1: Úvod

ArcGIS2: Pracovní postupy

ArcGIS: Online

JAZYKOVÉ ZNALOSTI

Anglický jazyk

slovem a písmem – B1-B2

Německý jazyk

slovem a písmem – A2-B1

ZÁJMY

meteorologie, stolní tenis, cyklistika, volejbal.

David Šaur

**Informační podpora krizového řízení kraje z hlediska hodnocení
výskytu povodní**

Information Support for Crisis Management of the Region in Terms of
Evaluation of Flood Events

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: autor

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Pořadí vydání: první

Rok vydání 2017

ISBN 978-80-7454-712-6

