

Oponentský posudek diplomové práce

Citace práce: Uhlířová, I., 2020: *Predikce bleskové aktivity numerickým modelem předpovědi počasí. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 85 s. + přílohy.*

Předložená diplomová práce se zabývá vysvětlením vzniku a měření blesků, dále jejich klimatologii. Hlavní část práce je věnovaná vyhodnocení předpovědi bleskové aktivity pomocí numerického modelu předpovědi počasí.

1) hodnocení splnění cílů v zadání práce

Cílem práce bylo studovat predikci bleskové aktivity za pomoci indexu LPI v modelu COSMO a porovnat předpovídaná pole LPI pro dvě různé nastavení oblačné mikrofyziky. Hlavním cílem pak bylo verifikovat předpovídaná pole LPI s pozorovanými bleskovými výboji z hlediska prostorového a časového rozdělení. Cíle práce vytyčené zadáním byly splněny.

2) hodnocení práce s literaturou a formální stránky

V práci jsem nenašel jedinou chybu v citaci odborné literatury. Zároveň oceňuji použití současné literatury z posledních několika let, která byla vhodně doplněná klasickou starší literaturou. Citace elektronických zdrojů má několik chyb, Blitzortung (str. 33) a NOAA (str. 71) nejsou uvedeny v seznamu, naopak uvedení DWD a ÚFA v seznamu zdrojů mi přijde zbytečné.

Dle mého názoru je v práci zaměněn termín elektrifikace a elektrizace. Podle příručky jazyka českého je elektrifikace zavedení elektřiny, tzn. přivedení kabelu a možnost využívat elektrický proud, a elektrizace je uvedení v elektrický stav, např. elektrizace skleněné tyče třením.

Již v úvodu práce (4. odstavec) je naznačeno synonymum mezi konvektivní a bouřkovou oblačností. Pojem bouřková oblačnost je nepřesné lidové označení poukazující na spojitost mezi bouřkou a oblakem druhu cumulonimbus. Bohužel mezi těmito jevy ekvivalence neplatí a není tedy vhodné v odborné práci používat lidové označení bouřkový oblak. Použití 14x bouřkový oblak v odborném textu je sice systematické ale dle mého názoru nevhodné. Doporučuji proto autorce využívat jak odborné meteorologické literatury, tak výkladového a terminologického slovníku, který byl nicméně v jiných částech práce dobře využit a citován.

Dále je nesprávně použitý pojem konvektivní prostředí (kap. 2, odst. 3). Ten obecně znamená popis atmosféry vhodné ke vzniku konvektivních bouří, která se dá popisovat prekurzory konvekce (CAPE apod.). V práci je tento termín zaměňován, dle mého názoru, přímo s konvekcí a popisem konvektivních pohybů. Zároveň je tento bod pobídkou pro konzultanta a oponenta práce k doplnění tohoto chybějícího termínu do slovníku ČMeS.

Ve stejné kapitole je trochu zmatek v použití termínu model. Je potřeba rozdělovat a nemíchat modely předpovědi počasí (NWP modely) a model vzniku blesku. Předpokládám, že tzv. implicitní model je vlastně použitím různých prekurzorů konvekce, které ukazují na možnost vzniku bouří, případně bouřek a blesků. Tyto prekurzory, nikoli nutně indexy, mohou být spočteny jak z měření (sondáž), tak z polí modelové předpovědi, či přímo modelem. Naopak NWP modely by měly být zařazeny do tzv. explicitních modelů.

V kapitole 2.2.2 bych očekával jasnější vysvětlení vlivu pozadového elektrického pole v atmosféře na elektrizaci podle induktivního schématu. Po delším zkoumání textu a náhledu do literatury čtenáři dojde, že polarizace kapek je v textu zmíněna ale nikoli jako důsledek elektrického pole atmosféry, což činí pochopení složitějším.

V kapitole 3.3.1 na konci druhého odstavce je nesprávně vysvětlena podmínka pro vznik konvektivní bouře. Velký vertikální teplotní gradient je nutná podmínka, nikoli postačující, a proto splnění této podmínky může vést ke vzniku konvekce. Pokud se vytvoří vzestupný pohyb, je samozřejmě doplněn kompenzačním sestupným pohybem, o updraftu a downdraftu však hovoříme až u vzniklé bouře. Obzvláště downdraft je vytvořen cirkulací v bouři a nevzniká tedy přímo výrazným rozdílem v teplotách mezi výškovými hladinami, jak je uvedeno v práci.

Orografické podmínění vzniku konvektivních bouří uvedené v kap. 3.3.2, odst. 4 je podle mého názoru primární důvodem ke zvýšení hustoty bleskové aktivity nad pohořími. To je samozřejmě vhodně doplněné advekcí vlhké vzduchové hmoty. Proto bych uvedené podmínky logicky přehodil.

V kapitole 3.3.3 uvádí slečna Uhlířová v citaci slečny Uhlíkové, že se blesková aktivita v zimních měsících pohybuje v řádech jednotek až desítek za den. V textu citované bakalářské práce je to sice uvedeno, ale myslím, že by uvedená informace stála za vysvětlení či komentář. Podle mého názoru se jedná o průměrnou hodnotu přes celou ČR za zimní období, kterou způsobí řádově jednotky bouřek za sezonu.

Z dalších formálních drobností uvádím následující:

- uvedení zkratky Cc (str. 13) pro Cumulus congestus, zkratka patří cirrocumulu, má být Cu con,
- ubíhající elektrony (str. 18) jsou přeloženy jako „runaway breakdown“, místo „runaway electrons“ (viz slovník ČMeS)
- místo komplexní mezoměřítkové systémy na str. 29 má být mezoměřítkové konvektivní komplexy, případně mezoměřítkové konv. systémy (obecnější termín a tedy v tomto místě vhodnější)
- ČHMÚ asi není potřeba představovat a když, tak jako ústav, nikoli společnost (str. 32)

Jako shrnutí formální stránky práce doporučuji studentce u příští publikace zapojit blízké okolí a nechat práci přečíst rodinnými příslušníky i případně kolegy.

3) hodnocení užitých metod a postupů

Popis použitého modelu COSMO je rozdělen z části do kapitoly 2 a z části do kapitoly 4. V kapitole 2 je krom obecných informací o modelu i část nastavení modelu použitého pro modelování situací pro předloženou práci, např. časový krok a počet vertikálních hladin. V kapitole 4 je uveden popis domény, počet gridových bodů a horizontální rozlišení. Osobně bych obě části spojil a odlišil základní vlastnosti modelu a nastavení modelu pro simulace použité v práci. Zároveň v práci není zmíněno, jestli byla pro vyhodnocení použita celá doména modelu, nebo pouze její výřez, což se doporučuje vzhledem k problematickému chování předpovědi na okrajích domény.

Zároveň je v kap. 2.4 špatně popsán rozdíl mezi jedno- a dvou- momentovou mikrofyzikou. V případě 1M mikrofyziky je rozdělení oblačných částic v gridovém bodě popsáno pouze směšovací poměrem a v případě 2M vedle směšovacího poměru i počtem částic. Model tedy zahrnuje, nikoli zpravidla, popsané parametry včetně směšovacího poměru vodní páry a ostatních hydrometeorů i v případě 1M mikrofyziky. Tento problém bere oponent na sebe, neboť jej zřejmě v přednášce špatně vysvětlil. Zároveň je v kapitole 2 uvedena jednak sekce 2.3 o asimilaci dat a v sekci 2.4 je i zmíněna asimilace dat do modelu COSMO. Byla při výpočtech událostí použita asimilace radarové odrazivosti? Některé příklady předpovědi jsou totiž až neuvěřitelně dobře předpovězeny. Zároveň není vhodné použít pro vyhodnocení hned první hodinu předpovědi, pokud tato předpověď nenastává po asimilačním okně.

Uveďte prosím v rámci obhajoby nastavení modelu COSMO.

V kapitole 4.1.2, odst. 2, je uvedeno, že z hodnot vypočtených NWP modelem v pravidelné síti dostaneme interpolací spojitou vrstvu pro danou studovanou oblast. Interpolací dat dostáváme hustší síť bodů s vyšším horizontálním rozlišením a tato data jsou pak graficky znázorněna do spojitě

informace na obrázku. **Předpovědi modelu COSMO byly interpolovány do nějaké hustší sítě?** Zároveň by mne osobně zajímalo srovnání rozložení nadmořské výšky na obrázku 14 s orografií ve výrazně vyšším rozdělení (což pro obhajobu nepožaduji).

Co si představujete pod pojmem bouřková cela, který je uveden např. v kap. 4.4.1, odst. 5? Předpokládám, že je tím myšleno odlišení jednotlivých konvektivních bouří s výskytem blesků, tedy bouřkou. **Myslíte si, že je vždy možné rozlišit jednotlivé bouře, např. i v případech organizované konvekce na studených frontách nebo dokonce v mezosynoptických konvektivních systémech (squall line, bow echo, MCC)?**

V kapitole 4. jsou poměrně detailně popsány oba korelační koeficienty a lineární regrese. V kap. 4.4.3. je navíc použit statistický test, který je pouze ocitován. Zároveň si myslím, že pokud je statistické testování použito v práci, bylo by ho vhodné aplikovat i na dalších místech, např. v kap. 5.1 na str. 64 při srovnání koeficientu determinace pro obě nastavení mikrofyziky.

V kapitole 4.5 jsou přehledně uvedena data událostí. Na první pohled je zřejmé, že se události výrazně liší v počtu změřených blesků. Pro pokračování práce doporučuji alespoň elementární meteorologický popis jednotlivých událostí, který může v důsledku navést na uvedené odlišnosti v kvalitě předpovědi bleskové aktivity. Zároveň je v úvodu práce popsáno několik prekurzorů konvekce (CAPE, KI atd.), které ovšem nejsou v práci použity, i když by se hodily právě k meteorologickému popisu situací. **Jaký by podle Vás mohla mít synoptická situace vliv na předpověď bleskové aktivity?**

V kap. 4.7, odst. 3, je vysvětleno, že použití verifikačního kritéria Fractions Skill Score není vhodné, protože se porovnávají dvě veličiny různého typu – LPI a skutečný výskyt blesků. Tento problém je ovšem obecný a vztahuje se na většinu verifikačních kritérií. Vhodným pokračováním této práce by bylo vyzkoušet vhodnost dalších verifikačních kritérií, např. jednoduché kontingenční tabulky se stanovením prahů pro bleskovou událost.

Vysvětlete prosím výpočet parametru p , který je uveden v kap. 4.7.1, odst. 3. nerozumím přesně, co znamenají „nejbližší výboje“ a dále „takto uvažované výboje“.

4) hodnocení argumentace a interpretace

V kapitole 4.4 chválím výborně diskutovaný obrázek 17, který sice naznačuje jistou závislost, ale ta je podrobena diskuzi se zahrnutím otázky množství dat.

V kapitole 4.7.1 je uvedena hypotéza pro vztah predikované a detekované bleskové aktivity. Ta je popsána jako lineární závislost vzdálenosti nejbližšího blesku na velikosti LPI. Tzn., čím větší bude predikovaná LPI, tím bude blesk vzdálenější? Tato hypotéza je testovaná jako lineární závislost, ale nejedná se o nepřímou úměrnost? To se samozřejmě odrazilo i korelačním koeficientu. Přes tuto nejasnost oceňuji boj studentky s vysvětlením neexistující lineární závislosti. Prosím o zevrubnou diskuzi této závislosti.

V kap. 5.1 uvádíte hypotézu, že „LPI by mohlo být přesnější pro predikci blesků typu CG než pro oba typy dohromady“. **Zakládá se tato hypotéza na zkušenostech z literatury?** Vzhledem k tomu, že LPI je, cituji, „kinetická energie updraftu vážená potenciálem k separaci náboje“, tak se u LPI jedná o vznik centra náboje, které se nemusí nutně vybíjet se zemí, ale i ostatními oblaky.

Jako jedna z možností pro zmírnění prostorové nepřesnosti LPI jsou zmíněny ensembly, i když je jejich použití označeno jako časově i technicky náročné. V současné operativní meteorologii se ensembly běžně počítají i přes jejich uvedenou náročnost. Výpočet sice probíhá v hrubším rozlišení, ale zároveň jejich použití dokazuje velký potenciál pro předpověď počasí, neboť by centra předpovědi počasí nepočítaly ensembly zbytečně. Proto doporučuji využití počátečních a okrajových podmínek některého z evropských regionálních ensemblů v další navazující práci.

V kapitole 5.3 jsem bohužel postrádal uvedení všech grafů porovnání časové shody predikované a detekované bleskové aktivity, našel jsem jich pouze 6 z 10. I na uvedených grafech je zřejmá dobrá časová shoda bleskové aktivity a sumy LPI, při diskuzi s typem situace by mohla být vysvětlena i situace z 1. 6. 2018, která byla z pohledu množství detekovaných blesků nejvýznamnější, neboť tento den byl i velmi vhodný pro vznik silné konvekce a průvodních jevů. Podle předpovědi ESTOFEX byl na tento den pro celou střední Evropu vydán dokonce level 2, což představuje nebezpečí silných bouří doprovázených četnými blesky, kroupami a nárazy větru.

Dále je v kapitole 5.3 uvedeno, že se nabízela další metoda hodnocení, ale vzhledem k variabilitě hodnot napříč událostmi se metoda nejevila vhodná. Doporučuji pro pokračování práce zvážit relativní prahy, např. fixní násobek střední hodnoty apod.

U diskuze s tzv. lightning jump je třeba dát pozor, že diskutujeme sumu blesků i LPI přes ČR, což může ovlivnit výsledky, tato diskuze by se měla odehrávat na lokální úrovni.

V diskuzi srovnání předpovědí lišících se použitou mikrofyzikou je uvedeno, že 2M mikrofyzika je spolehlivější. Toto tvrzení bohužel není platné obecně a je proto důležité doplnit, že 2M mikrofyzika se ukázala jako vhodnější při použití v předpovědi bleskové aktivity.

5) hodnocení odborného přínosu

Předpověď silných bouří je v současné době stále nevyřešeným problémem předpovědi počasí. Jedním z průvodních jevů bouří je i blesková aktivita, která také může způsobit významné škody a je jí tedy potřeba předpovídat nejen empiricky, tzv. implicitními metodami, ale i pomocí numerických modelů předpovědi počasí, tedy explicitními metodami. V práci oceňuji výběr moderního tématu, ve kterém je velký vědecký potenciál, novost aplikace indexu LPI na územím ČR a dále oceňuji diskuzi metod pro verifikaci předpovědi bleskové aktivity, která se studentce bude v její další práci hodit.

Celkové hodnocení

I přes řadu formálních nedostatků práce, které pramení hlavně z malých zkušeností studentky s numerickou předpovědí počasí, jsem byl s předloženou prací spokojen. I když to není na první pohled zřejmé, jsou tyto modely velmi náročné na pochopení a sžití s modely a jejich pochopení trvá léta. Ani oponent práce nerozumí modelům předpovědi počasí tak, jak by chtěl. Jako výraznější chybu vidím zvolenou hypotézu o lineární závislosti mezi velikostí LPI a vzdáleností blízkých blesků. Vzhledem k nejasnosti této hypotézy ale zároveň nejednoznačné závislosti nechávám studentce šanci po výborné obhajobě dosáhnout výborné známky.

V Praze 12. 6. 2020

Petr Zacharov