CloudFuzzy: Předpověď počasí pomocí fuzzy logiky

Bc. Jan Sakač

Faculty of Informatics and Management

University of Hradec Kralove,

Hradec Kralove, Czech Republic

sakacja1@uhk.cz

*Abstract* — Tento článek popisuje vývoj a implementaci fuzzy inferenčního systému pro předpověď teploty, který je vytvořen v prostředí programu MATLAB. Běžné metody předpovědi počasí často nedosahují kvalitních výsledků, neboť jejich algoritmy musí počítat s velkým množstvím neurčitých a nepřesných dat, pro které vznikají kvantitativní chyby v předpovědích počasí. Cílem projektu CloudFuzzy je implementovat co možná nejlepší model s využitím fuzzy logiky, který bude dosahovat kvalitních výsledků v předpovědi počasí, vzhledem s daným údajům. Následně se model podrobí optimalizačním algoritmům, které spolu s tréninkem na dostupných datech přinesou ještě kvalitnější předpověď teploty.

Keywords-Předpověď počasí, Fuzzy logika, FIS, MATLAB

# Introduction/úvod

Předpovědi hrají důležité role v našich každodenních životech, a existuje jich celá řada od předpovědích na akciovém trhu, určování zemětřesení, předpovědi dopravního proudu, až po předpovědi počasí. Co nejlepší a nejpřesnější předpověď může pomoct zvýšit zisky nebo zabránit škodám z nadcházejících katastrof, jako je ekonomická recese, společenské problémy, dopravní zácpy, nebo bouře a tajfuny [1].

Předpověď počasí je v současnosti zásadní a významná oblast v matematické sféře. Počasí každoročně ovlivňuje miliony lidí po celém světě a v důsledku globálního oteplování se toto číslo může ještě zvětšit. Každoročně zemře nebo je vyhnáno mnoho lidé v důsledků nepředvídatelného počasí. V dřívějších dobách byla předpověď počasí zaměřena na podporu obyvatelstva proti přírodním katastrofám. Předpověď počasí na celém světě je důležitá a zároveň náročná funkční odpovědnost schválená meteorologickými zařízeními. Předpovídáním počasí za pomoci podmínek příčina (Když) a následek (Pak), které vykazují nepřesnost a nejistotu, jsou ošetřeny rozumnými a účinnými algoritmy [2].

Pro předpověď počasí se využívají rozsáhlá data založená na pozorování, která trvající celá desetiletí. Předpovídání počasí je stochastická procedura, jejíž nadcházející událost je závislá na mnoha jiných faktorech, a to například od denní doby, ročního období, nadmořské výšky, větru až po vlhkost vzduchu. Nepředvídatelnost počasí a klimatických aspektů, zejména těch atmosférických, je hlavním důvodem nepřesných předpovědí počasí. *Pokud by bylo možné zdokumentovat model nepředvídatelnosti a použít jej pro budoucí cestu, proveditelnost předpovědi denních srážek je velmi možná* [3].

How reliable are weather forecasts?
https://www.indiatoday.in/science/story/why-imd-can-t-predict-weather-like-us-europe-what-are-the-roadblocks-1976001-2022-07-15 


Obr. 1: Spolehlivost předpovědí počasí v Indii [4]

Koncept fuzzy logiky je obdobou vnímání emocí člověka a interpretačních procesů. Na rozdíl od klasické logiky klasické logiky, která je řízená z bodu do bodu, je řídící systém fuzzy logiky řízen typem rozsah do bodu nebo z rozsahu do rozsahu. Koncept fuzzy logiky byl představen matematikem Zadahem v roce 1965 [5]. Fuzzy logika je určena k posílení metod uvažování, které jsou spíše odhadované než zcela přesné. V posledních letech byly prezentovány některé předpovědní metody založené na fuzzy pravidlech, které budou představeny dále.

Systémy založené na fuzzy pravidlech mají problémy s pokrytím celého řešeného problému. Fuzzy pravidla v systémech založených na pravidlech jsou obvykle omezena na určitou množinu vstupních proměnných s další množinou výstupních proměnných a fuzzy lingvistickými termíny. V každé kombinaci vstupních pravidel je potřeba definovat fuzzy pravidla spolu s výstupními proměnnými, kde se báze pravidel exponenciálně rozrůstá s počtem vstupních proměnných.

Aby se tedy zvýšila účinnost systémů založených na fuzzy pravidlech s větší množinou proměnných, ať už vstupních nebo výstupních, je nutné snižovat bázi pravidel, zachovat základní pravidla, a využít další dostupné funkce, aby se zabránilo způsobení nedostatečného pokrytí pravidlového systému v řešeném problému. Je tedy nutné najít rovnováhu mezi množstvím pravidel a rozsahem systému pro optimální fungování fuzzy pravidlového systému pro předpověď počasí [2].

Cílem tohoto projektu proto bude navrhnout vlastní řešení fuzzy inferenčního systému (FIS) a vytvoření fuzzy modelu pro vytvoření optimálního modelu schopného předpovědět teplotu na základě hlavních údajů o počasí, jako je denní doba, roční období, nadmořské výšky, větru a vlhkost vzduchu. V druhé části práce bude následně za cíl vytvořit optimalizační algoritmy, které budou natrénované na dostupných datech o počasí. V poslední části bude za cíl porovnat vlastní FIS model s optimalizovaným FIS model.

# Problem Definition/ Definice problému

Jak již bylo zmíněno, zadáním této práce je navrhnout a implementovat fuzzy inferenční systém nad programem MATLAB. V oblasti meteorologie je přesná předpověď naprosto klíčová, ale její výsledky silně a rychle ovlivňují rychle se měnící klimatické podmínky. Danou problematiku řeší již několik dostupných řešení. V této části budou nejprve představeny práce na modelování předpovědi počasí pomocí různých metod a následně bude diskutovaná práce související s fuzzy inferenčním systémem pro aplikaci v oblasti meteorologie.

V odborné práci [6] autoři navrhli počítačové modely předpovědi počasí založené na hodnotě teploty pomocí neuronových sítí a fuzzy logiky. Hlavním účelem této studie bylo vyvinout různé modely předpovědi počasí založené na dvou technikách, a to započítaný nesoulad a absolutní chyby pro předpovídání prognózy. Vyvinuté modely ukázali, že cíle studie bylo úspěšně dosaženo. Nakonec byly modely testovány a výsledky potvrdily, že navržené modely byli schopny předpovídat denní teploty.

V odborném článku [7] studovali schopnosti fuzzy pravidel při modelování srážek v jihozápadní Africe. Vyvinutý model fuzzy logiky se skládal ze dvou funkčních komponentů, znalostní báze a jednotky fuzzy uvažování nebo rozhodování. Předpokládané výstupy modelu byly porovnány se skutečnými údaji o srážkách. Výsledky simulace ukazují, že předpokládané výsledky jsou v dobré shodě s naměřenými daty. Byla vypočtena chyba predikce, střední kvadratická chyba (RMSE), střední absolutní chyba (MAE) a přesnost predikce. Na základě získaných výsledků šlo konstatovat, že fuzzy metodologie je schopna efektivně zpracovávat rozptýlená data. Vyvinutý model založený na fuzzy pravidlech ukázal flexibilitu a schopnost modelovat špatně definovaný vztah mezi vstupními a výstupními proměnnými.

V tomto článku [8] navrhli model předpovědi počasí založený na neuronové síti a fuzzy inferenčním systému typu NFIS-WPM a následně jej aplikovali na predikci denních srážek v meteorologické stanici pro testování ve skutečných podmínkách. Výsledný model byl složen ze dvou částí, a to neuronové sítě založené na fuzzy pravidlech a z neuronového FIS, který byl založen na první části, ale díky neuronové síti se mohl naučit nová fuzzy pravidla než na začátku algoritmu. Postupnou adaptací tohoto modelu na skutečných a aktuálních datech se zpřesnily výsledky předpovědi, a dosahovali vyšších přesností s nižšími náklady než obdobný numerický předpovědní model.

V odborném článku [9] se pokusili vytvořit systém, který dokáže předvídat změny počasí za pomocí fuzzy logiky. Dali si za cíl predikovat v systému místo a čas změny. K komu využili dvě fuzzy metody Mandami a Sugero s kritériemi teploty vzduchu, vlhkosti a tlaku. Výsledky dosahovali 73,34 % pro metodu Mamdani a 70 % pro metodu Sugeno.

V dalším článku [10] se výzkumníci pokusili nasimulovat a designovat „smart“ prádelní šňůru s predikcí věšení prádla dle aktuálního počasí. K komu využívají surová data z předpovědi počasí, která následně předávají fuzzy inferenčnímu systému. Systém je v prostředí MATLAB a využívají k tomu vlastní senzorová čidla. Výsledky z této studie lze použít pro řízení motorů, ohřívačů, a dalších.

V akademickém článku o solární energii [11] byl proveden zajímavý pokus o vytvoření solárního vařiče s regulací teploty vzhledem ke slunečním podmínkám. Pro řešení teplotních složek byl vyzkoušen Laplaciánský přístup a výsledky jsou porovnány s experimentálními pozorováními zjištěním hodnot RMSE a R2. Z řešení byla provedena fuzzifikace pro odvození fuzzy pravidel ovlivňujících tepelný výkon vařiče.

Všechny výše uvedené jsou zajímavé a také kombinují různé druhy řešení, které přinášejí slibné výsledky. Bohužel ale poskytnutá řešení se v mnohém liší od základního požadavku, kterým je přesná teplota, a tudíž nevystihují řešený problém. Pro tento účel jsou zmíněná řešení nevhodná, přitom přesná a spolehlivá předpověď teploty je ten nejdůležitější údaj, který bude uživatele nejdříve zajímat. Určitý nedostatkem v daných prací je ten, že po vytvoření modelů či řešení se už dále počítá s úpravami a optimalizacemi. Tím se vlastně ubírá důležitý prvek vzhledem s požadovaným cílům. K docílení tohoto účelu spolehlivé predikce teploty se bude psát v následující kapitole III. Nové řešení.

# New Solution / nové řešení

**OBSAH**

V této kapitole je třeba přesně popsat nový způsob řešení, a to včetně nutné teorie, která s tím souvisí.

**ROZSAH**

Rozsahem je minimálně 1 strana a max. 2 strany.

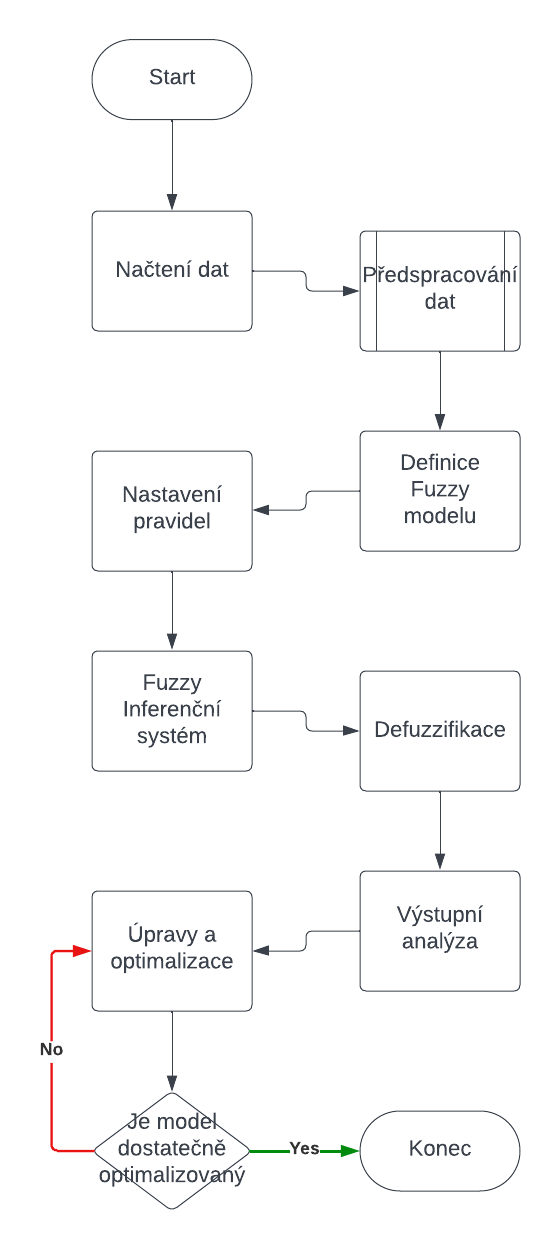
# Implementation / Implementace řešení

**OBSAH**

Tato kapitola by měla pojednávat o praktické implementaci nového řešení. Tedy jak dojít od teorie k implementaci a jak jsme to řešili my (vy).

**ROZSAH**

Rozsah je min. 1 strana, maximálně 2 strany.



Obr.2: Flowchart projektu, Zdroj vlastní

# Testing of Developed application / testování vyvinuté aplikace - řešení

**OBSAH**

Zde musí být definice, jak bude testováno a co má být přesně výsledkem.

Vlastní testování a výsledky formou tabulek budou v podkapitole

Zhodnocení výsledků testování je nejlépe slovně (zhodnocení předchozích tabulek) a pak jedna tabulka s přehledem řešení od jiných autorů s tím novým řešením (mělo by se ukázat, že to nové řešení je nejlepší)

**ROZSAH**

Rozsah je 1strana.

# Conclusions / závěry

Tady už se vyjádřit jen k tomu, že se podařilo najít (definovat) nový přístup k řešení problému a že byl i prakticky ověřen na modelovém případě.

Dobré je také diskutovat využitelnost nového řešení jak v aktuální oblasti problému (nejlépe včetně finančních či časových úspor), tak i v dalších oblastech (alespoň nastínit).

Rozsah závěru je minimálně 10 řádků, maximálně 20 řádků.

Fuzzy logika se v poslední době těší velké obliby, která se na ní vznesla společně s rozmachem neuronových sítí. Fuzzy logika nabízí jednoduší implementaci než u neuronových sítí, ale narozdíl od ní je její zájem spíše akademický. Ve vědeckém světě se zatím neprování přímá implementace do praktických systémů a řešení. I přes tento fakt, fuzzy logika má velký potenciál, ať už samo o sobě, nebo s využitím dalších technologií, jako je neuro-fuzzy řešení, které se těší velmi slibných výsledků.

##### References / Reference

1. CHANG, Yu-Chuan a Shyi-Ming CHEN. Temperature prediction based on fuzzy clustering and fuzzy rules interpolation techniques. In: 2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics [online]. IEEE, 2009, s. 3444-3449 [cit. 2023-11-15]. ISBN 978-1-4244-2793-2. Dostupné z: doi:10.1109/ICSMC.2009.5346229
2. JANARTHANAN, R., R. BALAMURALI, A. ANNAPOORANI a V. VIMALA. Prediction of rainfall using fuzzy logic. Materials Today: Proceedings [online]. 2021, 37, 959-963 [cit. 2023-11-15]. ISSN 22147853. Dostupné z: doi:10.1016/j.matpr.2020.06.179
3. ALDRIAN, Edvin a Yudha Setiawan DJAMI. APPLICATION OF MULTIVARIATE ANFIS FOR DAILY RAINFALL PREDICTION: INFLUENCES OF TRAINING DATA SIZE. MAKARA of Science Series [online]. 2010, 2010-10-14, 12(1) [cit. 2023-11-15]. ISSN 1693-6671. Dostupné z: doi:10.7454/mss.v12i1.320
4. How reliable are weather forecasts? In: KUNAL, Kumar. INDIA TODAY [online]. 2022 [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: https://www.indiatoday.in/science/story/why-imd-can-t-predict-weather-like-us-europe-what-are-the-roadblocks-1976001-2022-07-15
5. MAMDANI, E.H. a S. ASSILIAN. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International Journal of Man-Machine Studies [online]. 1975, 7(1), 1-13 [cit. 2023-11-15]. ISSN 00207373. Dostupné z: doi:10.1016/S0020-7373(75)80002-2
6. AL-MATARNEH, L., A. SHETA, S. BANI-AHMAD, J. ALSHAER a I. AL-OQILY. Development of Temperature-based Weather Forecasting Models Using Neural Networks and Fuzzy Logic. International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering [online]. 2014, 2014-12-31, 9(12), 343-366 [cit. 2023-11-16]. ISSN 19750080. Dostupné z: doi:10.14257/ijmue.2014.9.12.31
7. AGBOOLA, A.J., E.O. ALIYU a ALESE. Development of a Fuzzy Logic Based Rainfall Prediction Model. International Journal of Engineering & Technology [online]. 5 [cit. 2023-11-16]. ISSN 2049-3444. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/285799840\_Development\_of\_a\_fuzzy\_logic\_based\_rainfall\_prediction\_model
8. LU, Jing, Shengjun XUE, Xiakun ZHANG, Shuyu ZHANG a Wanshun LU. Neural Fuzzy Inference System-Based Weather Prediction Model and Its Precipitation Predicting Experiment. Atmosphere [online]. 2014, 5(4), 788-805 [cit. 2023-11-16]. ISSN 2073-4433. Dostupné z: doi:10.3390/atmos5040788
9. SETYANUGRAHA, Noval, Sofyan AL AZIZ, Iis Widya HARMOKO a Fianti FIANTI. Study of a Weather Prediction System Based on Fuzzy Logic Using Mamdani and Sugeno Methods. Physics Communication [online]. 2022, 2022-11-30, 6(2), 61-70 [cit. 2023-11-16]. ISSN 2528-598X. Dostupné z: doi:10.15294/physcomm.v6i2.39703
10. ANDRASTO, T, MUSAROPAH, HARYONO, T JOKO a KARDOYO. Simulation and design of smart clothesline using fuzzy for weather forecast. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [online]. 2022, 2022-01-01, 969(1) [cit. 2023-11-19]. ISSN 1755-1307. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/969/1/012058
11. BHAVANI, S., V. CHITHAMBARAM, R. MUTHUCUMARASWAMY, S. SHANMUGAN, F.A. ESSA, Ammar H. ELSHEIKH, P. SELVARAJU a B. JANARTHANAN. Laplacian tactic for the prediction of the temperature components of solar cooker with logical prediction by fuzzy rules. Solar Energy [online]. 2022, 236, 369-382 [cit. 2023-11-16]. ISSN 0038092X. Dostupné z: doi:10.1016/j.solener.2022.03.006