

## Oponentní posudek doktorské disertační práce

Autor: Ing. Jan Pokorný  
Název práce: Aplikace výpočetní inteligence v řešení bezpečnosti silničního provozu  
Oponent: Doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.  
Pracoviště: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

---

Disertační práce se zabývá studiem problematiky bezpečnosti silničního provozu za pomoci aplikací fuzzy inferenčních systémů zejména v oblasti pasivní bezpečnosti vozidel a následků dopravních nehod. Téma je velmi aktuální, zejména v souvislosti s dynamickým rozvojem metod a aplikací v oblasti procesů založených na neurčitosti.

Práce je rozdělena do několika hlavních kapitol, z nichž úvodní, jak vyplývá již z názvu, přibližuje složitost a vážnost problematiky. Jsou zde dále uvedeny definice základních pojmů z oblasti dopravní nehodovosti a rozdělení predikčních modelů dopravní nehodovosti.

V následující kapitole 3 Umělá a výpočetní inteligence jsou obecně popsány některé základní pojmy z oblasti umělé inteligence - fuzzy množin, neuronových sítí a genetických algoritmů.

V kapitole, věnující se bezpečnostnímu potenciálu vozového parku, je proveden velmi podrobný rozbor vstupních dat vycházejících z centrálního registru vozidel (typ, počet, stáří), k nimž jsou dále přiřazeny parametry hmotnosti a pasivní bezpečnosti na základě výsledků různých typů nárazových zkoušek, včetně analýzy závislosti hmotnosti při rázu vozidel na základě fyzikálních zákonů. Je zdůrazněn i vliv nekompatibility vozidel, tj. nehomogenity vozového parku.

V další části se pak autor zabývá aplikací fuzzy množin a neuronových sítí ve spojení s fuzzy inferenčními systémy (FIS) typu Takagi-Sugeno-Kang. Genetické algoritmy v práci nejsou uplatněny. Zmíněné postupy disertant aplikuje na hodnocení bezpečnosti automobilů se vstupními daty týkajícími se nezávislého hodnocení bezpečnostních testů vozidel Euro NCAP, jejich stáří a hmotnosti FIS typu Mamdani. Značný prostor věnuje vysvětlení fuzzifikace uvedených proměnných. V procesu tvorby pravidel však autor neuvádí, zda mezi proměnnými Euro NCAP a stářím vozidel byla testována jejich vzájemná korelace, i když z analýzy jednotlivých proměnných by se tato korelace dala očekávat, podobně jako z heteroskedacity dat při sledování závislosti výsledků testů Euro NCAP na stáří vozidel ve větším omezených skupinách. To souvisí s tím, že v případě korelace proměnných bývá doporučována Lukaszewiczova forma agregací. Při ladění FIS porovnává autor výsledky výpočtů s odhadnutými hodnotami tak, že za nejlepší verzi FIS považuje tu

variantu, která se nejvíce blíží odhadu (Kapitola 4.3.6). Jak byl odhad proveden zde však neuvádí, stejně jako neuvádí výhody a přínosy výpočtů oproti odhadům.

Při predikci nehodovosti metodou Takagi-Sugeno-Kang rovněž neuvažuje korelaci dat a při agregaci používá metodu MIN resp. MAX. Výsledky predikce porovnává pouze vizuálně bez použití statistických metod (nabízí se zde např. párové porovnání výsledků počítaných různými metodami s původními daty), které by ukázaly i statistickou významnost rozdílů mezi jednotlivými metodami. Autorem použité porovnávání absolutních odchylek neříká nic o významnosti rozdílů mezi nimi. Z práce rovněž není vidět, na jak dlouhou dobu do budoucna (na kolik období) je možné predikci použít a s jakými nejistotami.

Pojmy z oblasti fuzzy množin i neuronových sítí by měly být podrobněji vysvětleny – např. při používání zvonových funkcí není uveden jejich matematické vyjádření, při aplikaci metody ANFIS na predikci nehodovosti je popis uveden přístupem „black box“ – je pouze konstatováno použití metod Grid Partition, Subtractive Clustering a změny míry vlivu bez bližšího vysvětlení.

Aplikace uvedených metod v oblasti bezpečnosti dopravy je však možné pokládat za přínosné, zejména ve spojení s objektivními statistickými metodami hodnocení výsledků predikce. Používání metod s aplikací fuzzy množin je možné pokládat za vyšší přiblížení k realitě, než používání klasických přístupů při klasifikaci objektů nebo procesů.

Další kapitola je pak věnována predikcím časových řad následků dopravních nehod v ČR. Jsou zde uvedeny základní způsoby vyrovnávání časových řad, které jsou dále využity při tvorbě fuzzy inferenčního systému typu Takagi - Sugeno vhodného pro predikce. Je zde opět zvoleno několik variant predikčních modelů pro 1, 3 a 6 měsíční predikční období a různé následky nehod, které jsou následně testovány na dostupné množině dat pomocí adaptivního neuro-fuzzy inferenčního systému. U jednotlivých variant byla poté stanovena střední kvadratická chyba a provedena konfrontace predikce se skutečnými daty.

Práce prokazuje značné potenciální možnosti aplikací výpočetní inteligence v řešení bezpečnosti prostřednictvím fuzzy inferenčních systémů. V této souvislosti bych si dovolil disertantovi položit dvě otázky.

1. Vysvětlíte podrobněji postup odhadu parametru `index_japo09` používaného k porovnání s výpočtem tohoto indexu.
2. Vysvětlíte fungování metod používaných v ANFIS.

Co se týká formální úpravy disertační práce mám několik drobných návrhů. I když není striktně daná struktura disertační práce, jeví se mi jako vhodnější „klasické“ členění, zejména oddělení popisu současného stavu řešeného tématu, vč. literární rešerše a popis vlastní řešení, výsledků a diskuse, vyúsťující např. v doporučení či návrhy disertantaení vztahující se k řešené problematice. Bibliografické citace použitých dokumentů neodpovídají v řadě případů požadavkům CSN ISO 690 a CSN ISO 690-2. Jazyková úroveň je velmi dobrá, členění textu by však mohlo být přehlednější.

## Závěrečné zhodnocení

Disertační práce Ing. Jana Pokorného je velmi dobře zpracována, v dostatečné hloubce a přináší řadu užitečných výsledků, majících přínos pro praxi a rozvoj vědního oboru, čímž splnila stanovené cíle. V práci jsem neshledal žádné závažné chyby a uvedené připomínky nesnižují nijak kvalitu předložené disertace.

Práce splňuje požadavky kladené na disertační práce, čímž doktorand prokázala schopnost samostatné vědecké práce. Doporučuji proto jeho disertační práci k obhajobě a rovněž doporučuji, aby na základě úspěšné obhajoby této práce byl

Ing. Janu Pokornému

udělena vědecká hodnost Ph.D. v oboru Dopravní prostředky a infrastruktura.

V Brně dne 15. listopadu 2010



Doc. Ing. Vladimír Adamec, CSc.