

## Oponentský posudek habilitační práce

**Autor:** Ing. Martin Boroš, PhD.

**Název práce:** Aplikácia fuzzy logiky pre hodnotenie spoľahlivosti necertifikovaných poplachových systémov a zariadení vytvorených prostredníctvom programovateľných platforiem

Předložená habilitační práce se věnuje aktuální a prakticky významné problematice hodnocení spolehlivosti necertifikovaných poplachových systémů a zařízení vytvářených prostřednictvím programovatelných platforem, a to zejména s využitím fuzzy logiky a fuzzy modelování. Práce představuje aplikačně orientovaný přístup, jehož cílem je zohlednit nejistotu, variabilitu provozního prostředí a omezenou dostupnost formálně certifikovaných komponent při hodnocení technických řešení v oblasti ochrany osob, majetku a bezpečnostních služeb. Za významný lze považovat rovněž potenciál práce přispět k budoucí metodické a případně i diskusi o standardizaci v oblasti posuzování necertifikovaných systémů.

Práce je zpracována ve slovenském jazyce a má rozsah 136 stran. Je členěna do pěti hlavních kapitol, které postupně pokrývají teoretická východiska z oblasti poplachových systémů, zařízení internetu věcí, programovatelných platforem a vzdálené ochrany objektů. Na tuto část navazuje přehled fuzzy logiky a fuzzy modelování, dále provedené experimenty a praktické aplikace fuzzy přístupu. Práce je zakončena shrnutím dosažených výsledků, jejich přínosů a možností využití v praxi, závěrem a seznamem použité literatury.

Vzhledem k oboru, ve kterém se autor uchází o habilitaci, tedy k oblasti ochrany osob a majetku přiřazené k bezpečnostním vědám, hodnotím předloženou práci primárně z hlediska jejího přínosu pro bezpečnostní praxi, nikoli jako práci ryze informatickou. Některé nedostatky v popisu fuzzy modelování nebo metod umělé inteligence posuzuji méně přísně, než by tomu bylo například u habilitační práce předložené v oboru aplikovaná informatika, kybernetika nebo umělá inteligence. Předložená práce je interdisciplinární a praktického nasazení přístupu považuji za přínosné. Oceňuji také snahu autora rozvíjet využití metod umělé inteligence v oblasti, která je z pochopitelných důvodů, zejména s ohledem na odpovědnost v rozhodování v bezpečnostních systémech, vůči automatizovaným a inteligentním metodám stále spíše opatrná.

Pozitivně hodnotím úvodní část práce, která se věnuje poplachovým systémům včetně příslušných technických norem, videodohledovým systémům z pohledu hardwarových řešení a rovněž technickým normám vztahujícím se k jejich návrhu, implementaci a provozování. Práce dále přehledně popisuje zařízení internetu věcí a uvádí výhody i nevýhody vybraných programovatelných platforem. Autor se věnuje také oblasti vzdálené ochrany objektů, zejména z praktického hlediska a z hlediska používaných komponent. Jako související oblast by však bylo vhodné doplnit také problematiku poplachových a dohledových přijímacích center, respektive systémů pro vzdálené zpracování, vyhodnocování a eskalaci poplachových událostí.

Jako hlavní metodický nástroj autor využívá fuzzy logiku a fuzzy modelování. Fuzzy přístup je součástí soft computingu a lze jej zařadit také do širší oblasti metod umělé inteligence. Vzhledem k zaměření práce je jeho použití relevantní, zejména tam, kde je potřeba pracovat s neurčitostí, expertním hodnocením a kombinací více faktorů ovlivňujících spolehlivost systému. Zároveň se však domnívám, že by práci prospělo širší zasazení použitého fuzzy přístupu do kontextu dalších současných metod. Kromě fuzzy modelování existují i další state-of-the-art techniky, které by mohly být alespoň stručně diskutovány, případně kvalitativně srovnány s navrženým řešením.

Jedná se například o vybrané metody strojového učení, umělé neuronové sítě či pravděpodobnostní modely a jiné rozhodovací modely.

Z pohledu oboru, ve kterém je habilitační práce předkládána, nepovažuji za nezbytné požadovat rozsáhlý matematický aparát a formální popis fuzzy přístupu v takové míře, jaká by byla očekávána v informaticky orientovaných oborech. Přesto by bylo vhodné některé části práce zpřesnit, zejména pokud jde o definici vstupních a výstupních proměnných, tvar a význam funkcí příslušnosti, inferenční mechanismus, pravidlovou bázi a způsob výsledného vyhodnocení, případně defuzzifikace. Vzhledem k tomu, že fuzzy modelování je v práci využíváno pro hodnocení spolehlivosti necertifikovaných poplachových systémů, považovala bych za přínosné také hlubší propojení s otázkou důvěryhodnosti, vysvětlitelnosti a interpretovatelnosti výsledného hodnocení. Právě vysvětlitelnost může být u bezpečnostních aplikací velmi důležitá.

V práci částečně postrádám širší zasazení tématu do současného kontextu metod umělé inteligence používaných v bezpečnostních systémech. Týká se to například oblasti detekce anomálií ve videu, detekce a klasifikace osob, detekce obličeje, případně biometrické identifikace či verifikace osob. Autor v práci vybral konkrétní techniky, u nichž následně hodnotí spolehlivost. Nebylo však vždy dostatečně zřejmé, podle jakých kritérií byly tyto techniky zvoleny a zda se jedná o metody odpovídající současnému stavu poznání, nebo spíše o prakticky dostupná řešení vhodná pro experimentální ověření. Za vhodné bych proto považovala doplnit alespoň stručnou diskusi, zda zvolené techniky představují v dané oblasti běžně používaný postup nebo zda odpovídají současným nejvýkonnějším přístupům.

Samostatnou pozornost si zaslouží otázka souladu některých experimentů s aktuálním regulatorním rámcem, zejména s AI Actem. Autor se AI Actu v práci věnuje, avšak v případě experimentů souvisejících s rozpoznáváním obličeje a identifikací osob by bylo vhodné tuto část dále zpřesnit. Z pohledu AI Actu je důležité odlišovat biometrickou autentizaci či verifikaci, kdy se osoba vědomě ověřuje vůči údajům uloženým v databázi, od vzdálené biometrické identifikace, při níž může docházet k identifikaci osoby bez její aktivní účasti na základě kamerového nebo jiného obrazového záznamu. Uvedené rozlišení má význam nejen terminologický, ale také regulatorní, protože vzdálená biometrická identifikace osob, zejména ve veřejně přístupných prostorech, je v AI Actu spojena s výrazně přísnějšími požadavky a v některých kontextech také se zákazy či významnými omezeními. Zřejmě by bylo vhodné, aby autor u příslušných experimentů jednoznačně vymezil zamýšlený účel systému, způsob zapojení subjektu údajů, prostředí použití, typ biometrického zpracování a případné dopady na zařazení systému do příslušné rizikové kategorie podle AI Actu.

Práce dále uvádí jako jednu z metod hodnocení spolehlivosti výpočet založený na tzv. pravidle tří (rule of three), tedy vztahu  $3/n$ . Pokud je tento postup v dané aplikační oblasti užíván jako praktické rozhodovací nebo odhadové pravidlo, považuji jeho zahrnutí za relevantní. Pravidlo tří působí v textu trochu jako univerzálně standardizovaný normativní prostředek. Obávám se, že tomu ale tak není. Vzhledem k tomu, že je práce interdisciplinární a přesahuje do oblasti informatiky a umělé inteligence, bylo by vhodné podrobněji vysvětlit, jaký charakter má srovnání tohoto pravidla s fuzzy přístupem. V opačném případě může čtenář nabýt dojmu, že fuzzy přístup poskytuje horší výsledky než jednoduchý výpočet podle pravidla tří, aniž by bylo zřejmé, jak jsou oba přístupy srovnávány.

Po formální stránce je práce zpracována na dobré úrovni, nicméně obsahuje dílčí překlepy, chybějící interpunkci a místy nepřesné křížové odkazy na obrázky či tabulky, které nepovažuji za zásadní. Například v textu na stranách 114–116 je uvedeno, že výsledky jsou přehledně zobrazeny v tabulce 3.13 a na obrázku 3.31, avšak podle číslování se zřejmě jedná o obrázek 3.29. Jazykovou

úroveň slovenského textu nemohu jako nerodilý mluvčí slovenského jazyka plně posoudit, text je však psaný srozumitelně.

Celkově lze konstatovat, že autor předloženou prací přispěl k rozvoji oblasti ochrany osob, majetku a obyvatelstva, zejména tím, že do prakticky orientované bezpečnostní problematiky začlenil metody fuzzy modelování jako nástroj pro hodnocení spolehlivosti necertifikovaných systémů. Význam práce spatřuji zejména v jejím aplikačním dopadu a v propojování technických, bezpečnostních a metodických aspektů hodnocení systémů vytvářených na programovatelných platformách. Pozitivně hodnotím také skutečnost, že praktické výstupy práce budou využity ve výuce na pracovišti autora.

Uchazeč je autorem a spoluautorem časopiseckých (dle WOS 13 článků s IF) a konferenčních publikací (dle WOS 14), které již byly publikovány a tudíž recenzovány. Autor tedy prokázal schopnost zpracovat výzkum do publikací na vysoké úrovni kladené na časopisecké články. Jeho řešení je také chráněno průmyslovým užitkovým vzorem (č. PUV 216-2023) týkající se vnitřního lokalizačního systému. Lze tedy konstatovat, že výstupy byly přijaty mezinárodní odbornou komunitou bez výhrad či s již zapracovanými výhradami a opravami technických a formálních chyb.

#### *Otázky k obhajobě:*

1. Plánujete dělat rozsáhlejší testování z pohledu statistického zpracování dat?
2. Pokud se práce zaměřuje na hodnocení spolehlivosti, podle čeho byly vybrány techniky pro experimenty, např. pro detekci tváře / osoby?
3. Na str. 114 se věnujete experimentu s rozpoznáním tváře, kdy píšete, že fuzzy přístup upravil pravděpodobnost spolehlivosti z 0.94 na 0.82. Tvrdíte, že pokles byl způsobený rizikem falešných poplachů. Nicméně další hodnoty pro nižší rozlišení či kvalitu obrazu v práci uvedeny nejsou. O kolik se tedy snížila pravděpodobnost spolehlivosti při jiném rozlišení a jak byla zakomponována do výsledného čísla 0.82?

#### **Závěr posudku**

Ve své práci prokazuje Ing. Martin Boroš, PhD. dlouhodobý odborný a praktický přínos nasazení fuzzy přístupů v praxi. Výstupy byly uznány a přijaty odbornou komunitou. Se zřetelem k aplikačnímu dopadu a oboru, ve které se uchazeč uchází o udělení vědecko-pedagogického titulu „docent“, předloženou práci **doporučuji** k obhajobě s cílem udělení tohoto titulu.

Ve Zlíně 6. května 2026

prof. Ing. Zuzana Komínková Oplatková, Ph.D.  
Ústav umělé inteligence a informatiky  
Fakulta aplikované informatiky  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Nad Stráněmi 4511  
760 05 Zlín