



Posudek habilitační práce

Autor práce: Ing. Jaroslav Frnda, Ph.D.

Název práce: Hodnotenie obrazovej kvality streamovaného videa: Prechod od subjektívnych hodnotení k strojovému učeníu

Institute: Žilinská Univerzita v Žilině

Obor habilitace: Aplikovaná informatika

Autor posudku: prof. Ing. Vladimír Bureš, Ph.D., MBA, Fakulta informatiky a managementu, Univerzita Hradec Králové, Česká republika

Jako jmenovaný oponent hodnotím v tomto posudku habilitační práci Dr. Jaroslava Frndy, kterou předložil v rámci habilitačního řízení v oboru Aplikovaná informatika na Fakultě riadenia a informatiky Žilinské univerzity v Žilině.

Obsah

Předložená habilitační práce se zabývá aktuálními trendy a možnostmi hodnocení kvality videosekvencí, přičemž se primárně soustřeďuje na hodnocení obrazové kvality streamovaného TV vysílání a streamovacích platforem nabízejících služby videa „on demand“. Hlavním cílem práce je analyzovat přínos subjektivních metod hodnocení kvality videa spočívajících v interakci s konečnými uživateli, objektivních metod hodnocení kvality založených na matematických modelech simulujících fungování lidského vnímání, a především na jejich vzájemné kombinaci. Práce je založena na prezentaci již dosažených výsledků publikovaných ve vědeckých časopisech, s podporou doprovodného a sjednocujícího komentáře.

Habilitační práce představuje jak základní, tak sofistikované a moderní přístupy k hodnocení kvality videa tím, že integruje tradiční subjektivní hodnocení s metodami strojového učení. Zatímco subjektivní metody jsou dlouhodobě považovány za standard v hodnocení kvality videa, jsou časově náročné, nepraktické pro použití v reálném čase a mají problémy s replikovatelností. Novost této práce spočívá v aplikaci modelů strojového učení, jako jsou umělé neuronové sítě a rozhodovací stromy (včetně XGBoost), k efektivnější predikci vnímané kvality videa. Tento přístup umožňuje hodnocení v reálném čase, což je klíčové pro jednotlivé stakeholdery, pro které je monitoring a řízení kvality zásadní. Integrace těchto predikčních modelů do praktických aplikací, jako je adaptivní streamování a monitorování sítě, tak představuje významný přínos v oboru.

Struktura a prezentace

Velmi pozitivně vnímám strukturu práce, koherentní tok myšlenek, a především způsob jejich formulování. Při čtení textu je jednoduché získat pocit, že text nemohl být srozumitelnější, pochopitelnější a přímočařejší. Silnou stránkou práce je její systematický přístup k vysvětlení složitých a technických konceptů. Ačkoliv je práce technicky zaměřená a cílena především na čtenáře z oblasti multimediálního zpracování, telekomunikací a datové vědy, čtení obsahu je plynulé a myšlenkově uspořádané i pro čtenáře z příbuzných oborů. Například diskuse o video kodecích, přenosových protokolech a adaptivních streamovacích mechanismech poskytuje potřebné teoretické základy před přechodem k navrhovaným metodologiím a popisem modelu.





Práce je logicky strukturovaná, přičemž začíná úvodem, který zdůrazňuje význam hodnocení kvality videa v kontextu rostoucího globálního datového provozu. Další kapitoly vzájemně navazují a posouvají obsah směrem od obecného ke konkrétnímu, od kontextového k technickému. Jednotlivé kapitoly se zabývají technickými principy přenosu videa, metodami hodnocení kvality a výzvami spojenými s interpretací těchto hodnocení. Přechod od tradičních metod k metodám založeným na strojovém učení a jejich provázání je proveden plynule a smysluplně.

Aktuálnost výzkumu

Výzkum je vysoce aktuální a relevantní, jelikož se snaží reagovat na současné výzvy v oblasti streamování a zpracování videa. Jak je správně uvedeno v rámci kontextualizace habilitační práce v úvodu, online videa nyní tvoří významnou část globálního internetového provozu a se vzestupem platforem jako Netflix, YouTube a služeb živého vysílání se hledání kompromisu mezi obrazovou kvalitou a velikostí bitového toku videa stává klíčovým problémem pro poskytovatele služeb. Jedním z nejpřesvědčivějších aspektů výzkumu je důraz na metody hodnocení v reálném čase. Tradiční subjektivní hodnocení, byť přesná, nejsou praktická pro velkoobjemové aplikace. Zaměření autora na vývoj predikčních modelů, které využívají objektivní metriky, odpovídá trendům v průmyslu, kde společnosti hledají automatizovaná řešení pro optimalizaci kvality videa. Práce může mít také významné regulační důsledky. Národní regulační orgány sledující kvalitu IPTV a over-the-top služeb mohou tyto modely využít k posuzování stížností zákazníků a k zajištění souladu s normami kvality služeb. Habilitační práce je založena na kvalitních informačních zdrojích a s citacemi je řádně pracováno.

Metodika zpracování

Autor práce aplikuje kvalitní metodologický přístup, který kombinuje teoretickou analýzu s empirickou validací. Autor systematicky hodnotí různé techniky hodnocení kvality videa, diskutuje jejich výhody a omezení. Experimentální část práce je pečlivě zdokumentována, včetně popisu použité datové sady, zdůvodnění výběru nástrojů a technik a implementovaných modelů strojového učení. Jednou z dalších silných stránek výzkumu je akcentace nepoužívanějších hodnotících metrik (MOS, SSIM nebo VMAF). Porovnáním těchto metrik se subjektivními hodnoceními autor zajišťuje, že navrhovaný model odpovídá lidskému vnímání kvality. Statistická validace predikčních modelů je dalším pozitivním aspektem práce. Použití Pearsonova korelačního koeficientu, křivek ROC a analýzy SHAP demonstruje autor důkladné hodnocení výkonu modelu. To zvyšuje důvěryhodnost výsledků a poskytuje pevný základ pro další výzkum.

Otázky

- 1) V některých případech by bylo vhodné uvést některé metodické detaily. Například na úvod kapitoly 5 uvádíte, že byla použita datová sada vytvořená na Šanghajske univerzitě. Jakým způsobem tento výběr proběhl a jaké byly alternativy? Je tato sada běžně používaná a představuje zlatý standard nebo má specifické vlastnosti, které byly nutné pro Váš výzkum a jiné sady je nemají? Dalším příkladem může být úmyslné zahazování paketů popsané na str. 69. Je tento postup nějak metodicky ošetřen, jednalo se o náhodný výběr, existuje standardizovaný postup integrovaný do metodiky testování? Na str. 87 uvádíte, že dosažené výsledky ukazují, že využití techniky XGboost byla správná volba. Pokud to byla volba, jaké byly alternativy, jak tato volba probíhala, intuitivně na základě zkušeností nebo nějak systematizovaně?
- 2) V práci jsou prováděny testy u kodeků H.264 a H.265. Na úplný závěr zmiňujete, že standardizovaný odhad je ITU poskytován pouze pro tyto kodeky, avšak pokračování





výzkumu s kodeky H.266 a AV1 se samo nabízí. Jaké jsou předpoklady tohoto postupu? Je možné Váš výzkumu postavit na stejných metodologických základech nebo toto kodeky vylučují?

- 3) Využití semaforu s třemi barvami je intuitivní. Neztrácí se tím ale zbytečně rozlišovací schopnost jen proto, aby bylo využito přístupu, který je řekněme běžný nebo lehce pochopitelný? Je opravdu rozpětí MOS u hodnot 3 a 4 takto jednoduše rozložitelné?

Závěrem konstatuji, že i přes drobné připomínky vyřčené především o otázkách k diskuzi, považuji na základně detailního posouzení habilitační práce Ing. Jaroslava Frndy, PhD., za kvalitní, dobře zpracovanou a velmi podnětnou. Přiložené příspěvky společně s dalšími výstupy vědecko-výzkumné činnosti uchazeče jsou publikovány v kvalitních zdrojích. Na základě tohoto závěru **doporučuji** děkanovi Fakulty riadenia a informatiky Žilinskej univerzity v Žilině **po úspěšně obhajobě postupovat dále** podle ustanovení příslušné legislativy **směrem ke jmenování Ing. Jaroslava Frndy, PhD., docentem v oboru Aplikovaná informatika.**

V Hradci Králové, 15. 3. 2025

Vladimír Bureš

