

# Posudek oponenta disertační práce

**Student:** Ing. Milan Košťák

**Název práce:** Využití umělé inteligence v oblasti rozšířené reality

**Školitel:** Prof. RNDr. Antonín Slabý, CSc.

**Oponent:** Doc. Ing. Arnošt Veselý, CSc.

## Struktura a obsah práce

Disertační práce se zaměřuje na problematiku návrhu markerů a jejich detekce a lokalizace v obrazovém záznamu. Autor se zaměřuje na oblast, která má zásadní význam v kontextu rozšířené reality, jelikož vytvoření vhodných markerů a navržení efektivních metod jejich lokalizace umožňuje vkládat do záznamu reálného světa virtuální objekty.

Struktura práce je následující. Kapitola 2 obsahuje stanovení cíle práce a kapitola 3 Metodiku zpracování. V kapitole 3 autor popisuje použité metriky měření kvality navrhovaného řešení a způsob měření jeho časové náročnosti. V kapitole 3 autor popisuje vytvoření testovacích datových sad a architekturu neuronové sítě, kterou použil pro detekci markerů. Kapitola 4 se věnuje obšírné rešerši literatury, která dokazuje, že se autor důkladně seznámil s existujícími řešeními a problematikou. Následující kapitoly, tedy kapitoly 5 a 6, se zabývají návrhem vhodného markeru. Autor systematicky testuje různé tvary markerů na datových sadách a využívá neuronovou síť s YOLO architekturou pro jejich lokalizaci. Tyto kapitoly přinášejí funkční řešení problému návrhu a lokalizace markerů a detailně popisují provedené experimenty a jejich výsledky. V kapitole 7 se autor vrací ke zkoumání způsobu lokalizace markeru. Lokalizace pomocí neuronové sítě s YOLO architekturou je poměrně časově náročná, řádově několik stovek milisekund, což může být problém při nasazení navržené metody v aplikacích běžících na mobilních zařízeních. Autor proto zkoumá dvě další možné metody, které díky zapojení grafické karty do výpočtu, umožňují podstatné zrychlení lokalizace markeru. Chyba lokalizace je u těchto metod sice větší, ale stále ještě přijatelná. Autorem překládané řešení z kapitoly 7 tedy může nahradit řešení založené na neuronové síti v případě, že neuronovou síť by nebylo možné pro velkou časovou náročnost použít. V kapitole 8 se autor zabývá stanovením parametrů lokalizovaného markeru. Parametry, které jsou pro aplikace rozšířené reality nezbytné jsou střed, orientace a velikost markeru. Autor navrhl metodu jejich stanovení. Navržená metoda je zřejmě originální, protože závisí na tvaru autorem navrženého markeru. Metoda byla úspěšně otestována pro navrhované metody lokalizace markerů a to s dobrými výsledky prokazujícími její použitelnost.

## **Stanovení cílů doktorské disertační práce**

Samotná disertační práce si klade za cíl několik důležitých úkolů v oblasti rozšířené reality. Prvním cílem je navrhnout jednoduchý marker, který bude použitelný v aplikacích rozšířené reality. Marker je klíčovým prvkem při interakci mezi virtuálním světem a reálným prostředím, a proto je důležité vytvořit takový marker, který bude snadno rozpoznatelný a spolehlivý.

Dalším cílem práce je vyvinout vhodné metody lokalizace navrženého markeru na snímcích reálného světa. Lokalizace markeru znamená určení jeho přesné polohy a orientace v prostoru na základě snímků z kamery. Tato část práce se zaměřuje na vývoj algoritmů a technik, které umožní spolehlivé a přesné určení polohy a orientace markeru ve scéně.

Posledním cílem disertační práce je navrhnout metodu pro získání hodnot parametrů nalezeného a lokalizovaného markeru, které jsou nezbytné pro jeho použití v aplikacích rozšířené reality. Tyto parametry zahrnují střed markeru, jeho orientaci a velikost. Získání těchto parametrů je klíčové pro správné zobrazení virtuálních objektů v reálném prostředí a umožňuje uživatelům interagovat s virtuálními objekty přirozeným způsobem.

Celkově je téma disertační práce moderní a aktuální, a zároveň vyžaduje důkladnou přípravu a zpracování dat. Výsledky této práce budou přínosné nejen pro oblast rozšířené reality, ale také pro další aplikace v oblasti vizuálního zpracování a počítačového vidění.

## **Splnění cílů disertační práce**

Cíle práce byly splněny. Student navrhl vhodný jednoduchý marker a k němu navrhl několik metod pro jeho lokalizaci. Metody se mezi sebou liší svými nároky na hardware a vhodnou metodu lokalizace bude tedy třeba zvolit podle parametrů hardwaru, na kterém aplikace rozšířené reality poběží. Pro navržené metody lokalizace markerů student rovněž navrhl a otestoval efektivní metodu stanovení parametrů markeru. Nakonec je třeba připomenout, že student pracoval s vlastními datovými soubory, které musel získat natáčením videa nebo stažením snímků či videa z internetu a které musel předzpracovat a anotovat. Výsledkem jeho práce tedy jsou i datové sady, které lze použít k dalším experimentům z této oblasti.

## **Formální stránka práce**

Po formální stránce je práce zpracována pečlivě a přehledně. Práce je napsána velmi dobrým odborným stylem, jednotlivá témata na sebe navazují, práce se snadno čte a je snadno srozumitelná. Tabulky i obrázky jsou dobře popsány a jsou snadno srozumitelné. Zvolený formát tabulek ale není příliš šťastný, měly by být pro lepší přehlednost výrazněji odděleny od okolního textu. Rovněž obrázky a jejich popis by měly být výrazněji graficky odděleny od svého okolí.

## **Publikační činnost autora**

Publikační činnost autora zahrnuje osm titulů, přičemž disertant je prvním autorem v šesti z nich. Jedna práce byla publikována v zahraničním impaktovaném časopise. Disertant je zde

prvním autorem a práce se týká problematiky řešené v disertační práci. Ostatní publikace jsou ze sborníků zahraničních konferencí.

### **Otázky k obhajobě**

- Metoda, která používá neuronovou síť dává při lokalizaci markeru podstatně lepší výsledky, než dává algoritmus skenování řádků. Je ale časově náročná. V tomto případě se nabízí ještě jedno řešení a sice použít neuronovou síť se zjednodušenou YOLO architekturou. Jednodušší architektura by jistě vedla k rychlejší lokalizaci markeru. Zjednodušené YOLO architektury určené pro mobilní zařízení jsou jistě na síti k dispozici. Zkoušel jste se vydat také tímto směrem? A pokud ano s jakými výsledky?
- Na snímcích všechny Vámi použité markery působí rušivě. To může být při použití v některých aplikacích rozšířené reality problém. Zamýšlel jste se nad tím, jak navrhnout markery, které by lépe splynuly s okolním prostředím?
- Pokud by byla k lokalizaci markeru použita YOLO síť, bylo možné zvolit její architekturu tak, aby se kromě lokalizačního okna učila také stanovit hodnoty parametrů markeru. Ušetřily by se tak řádově jednotky milisekund, které jsou potřeba pro zjištění hodnot parametrů markeru po jeho lokalizaci spuštěním Vámi navrženého algoritmu. Pokud by YOLO síť měla navíc zjednodušenou architekturu, bylo by patrně možné získat podstatně rychlejší neuronové řešení. Zdá se Vám tato cesta schůdná?

### **Závěr**

Práce splňuje v nároky na disertační práce kladené. Doporučuji, aby Ing. Milanu Košťákovi byl po úspěšné obhajobě udělen titul Ph.D.

V Praze dne 17.5.2023

  
Arnošt Veselý

