

# OPONENTNÍ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

**Název diplomové práce:** Rozpoznání Rubikovy kostky v obraze kamery pomocí OpenCV

**Student:** Bc. Libor MACHOVEC  
UPA, FEI, Studijní obor: Informační technologie

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Pavel JETENSKÝ, Ph.D.  
UPA, FEI, KIT

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Petr VESELÝ  
UPA, FEI, KST

## Téma a cíle diplomové práce

Tématem práce bylo vytvoření inovované mobilní aplikace pro rozpoznání Rubikovy kostky a její aktuální konfigurace (rozpoznání jednotlivých políček) z obrazu kamery příslušného mobilního zařízení.

Cílem teoretické části byla dle zadání analýza jednotlivých postupů pro detekci objektů na snímku a vyhodnocení navržených postupů z hlediska rychlosti a přesnosti.

Cílem praktické části byla implementace algoritmů pro navržené postupy a vytvoření příslušné aplikace pro OS Android. Dále měla být navržena a zdokumentována zlepšení stávající aplikace, která byla vytvořena v předcházející bakalářské práci.

## Použité metody v diplomové práci

V práci byly využity metody a znalosti z oblasti pokročilé počítačové grafiky, rozpoznání a zpracování obrazu a vývoje mobilních aplikací.

## Co diplomant při vypracování diplomové práce vytvořil

V úvodu textové části práce diplomant stručně zmiňuje původní aplikaci z bakalářské práce a stanovuje cíle, které povedou k jejímu vylepšení. Oproti původní práci zcela změnil přístup, vedoucí k rozpoznání jednotlivých barevných políček hlavolamu. Dále v kapitole 2 popisuje vybrané metody z teorie zpracování obrazu, vedoucí k vyřešení daného problému a dále popisuje testování navrženého postupu. V další kapitole velice stručně popisuje metody skládání Rubikovy kostky, přičemž se odkazuje na předchozí práci a srovnává nově dosažené výsledky s jednodušší (a časově náročnější) variantou

V praktické části diplomant navrhl a implementoval aplikaci pro OS Adroid s využitím metod z knihovny OpenCV, která je schopna na několika nasnímaných obrazech korektně rozpoznat Rubikovu kostku a její aktuální konfiguraci a navrhnout postup, který povede k jejímu úspěšnému složení. Práce aplikace je rozdělena do dvou fází. V první fázi je prováděno načítání a rozpoznávání. Uživatel vidí obraz z kamery a model kostky a je instruován tak, aby postupným otáčením celé kostky bylo provedeno načtení a rozpoznání barevných políček na všech 6 stranách Rubikovy kostky. V druhé fázi je uživatel veden (pomocí jednotlivých instrukcí a animací nad zobrazeným reálným modelem) k postupnému složení hlavolamu.

Tato praktická část je popsána ve zbývajících kapitolách práce, týkající se vývoje aplikace, popisu datových struktur a velice stručně i vývojového prostředí a použitých technologií.

## Prokázání správnosti navrženého řešení

Použitý způsob rozpoznávání byl testován na velké množině (cca 100) připravených obrazů jednotlivých stran kostky. V kapitole 2 (tabulka 1) je uvedeno shrnutí úspěšnosti tohoto testování přesnosti rozpoznávání. Dále jsou v kapitole 3 (tabulka 2, obrázky 13 a 14) uvedeny výsledky testování použitých postupů pro složení kostky ve srovnání s předchozím řešením.

## Splnění zadaných cílů diplomové práce

Všechny podstatné cíle diplomové práce byly splněny. Drobná nejasnost zůstává u požadavku, který je v zadání specifikován větou: „Navržené postupy budou vyhodnoceny z hlediska přesnosti a rychlosti“. Pokud byla rychlostí myšlena „rychlost složení“, potom je to splněno. Rychlost algoritmů rozpoznávání nebyla v práci řešena.

## Hodnocení textu diplomové práce z hlediska jeho kvality, struktury, srozumitelnosti, jazykové a typografické úrovně

Rozsah samotné textové části je podprůměrný, nicméně práce obsahuje všechny potřebné náležitosti.

Text práce je srozumitelný. V práci jsou dodržena běžná typografická pravidla a zvyklosti. Některé obrázky nemají uveden zdroj, předpokládám tedy zdroj vlastní.

Jazyková úroveň není, zejména z důvodu gramatických chyb, na odpovídající úrovni. Například několikrát se vyskytuje vedle gramaticky správného tvaru i chybný tvar „Rubikovi kostky“. Dále práce obsahuje i mnoho překlepů.

Z hlediska struktury a členění textu je zvoleno poněkud nestandardní řešení. Zejména kapitoly 2 a 3 v úvodu práce obsahují jak teoretické, tak i praktické aspekty práce. Samotné toto slučování teoretických předpokladů a praktických výsledků nemusí být chybou, pokud to přispívá k lepšímu pochopení dané problematiky.

Hlavní kapitoly 6 a 7 (o velikosti menší než 1 strana) jsou velmi stručné a působí jako rozpracované a nedokončené. Případně bylo vhodné tento text vložit do kapitoly 4 – Vývoj aplikace.

## Další hodnocení a připomínky k práci

Rozhodně kladně bych hodnotil velmi pěkně zpracovanou, praktickou a po grafické stránce výbornou a aplikaci. Naopak zpracování textové části, jak již bylo uvedeno, není nijak oslnivé.

V práci chybí i podrobnější a exaktní stanovení požadavků na vyvíjenou aplikaci. Tyto vyplývají pouze z textového popisu cílů práce v kapitole 1.

Poněkud divně vyznívá jeden z cílů, který je uveden v kapitole 1.3 – Optimalizace funkce editace modelu. Pod tímto pojmem si představím především vylepšení fungování dané editace. Nicméně z textu vyplývá, že daná optimalizace spočívá v odstranění této funkce, neboť z důvodu použitého jiného algoritmu rozpoznávání, již není dále potřeba.

Rovněž v textové části práce chybí jakákoliv úvodní rešerše, na téma existujících podobných aplikací.

Na základě zadání bych v práci očekával především (a ve větší míře) uvedení více navzájem různých postupů, vedoucích k detekci objektů na snímku. Rovněž bych očekával jejich detailní popis, testování a vzájemné porovnání.

Naopak samotné řešení hlavolamu není v zadání nijak explicitně požadováno. Chápu to tedy jako diplomantovu práci navíc, nad rámec zadání práce. Nicméně to pravděpodobně automaticky vyplynulo z toho, že se jedná o inovaci původní aplikace, která tuto funkčnost obsahovala. Pokud už je tato část v práci zahrnuta, bylo by vhodné podrobněji popsat existující způsoby řešení s relevantními odkazy na zdroje. V práci je sice odkaz na předchozí bakalářskou práci, kde je pravděpodobně popsán algoritmus skládání po vrstvách, ale informace k vylepšené a použité metodě Fridrich zcela chybí. Rovněž například označení jednotlivých operací, které se používají při skládání hlavolamu a jsou uvedeny v testovacích souborech a v samotné aplikaci, v textu zcela chybí.

V textu jsou uvedena některá tvrzení, která nejsou doložena žádným zdrojem. Například se jedná o tvrzení (viz str. 27), že „hlavolam lze prokazatelně složit do 20 tahů“.

Při popisu jednotlivých použitých metod z knihovny OpenCV by bylo vhodné v praktické části uvést i konkrétní hodnoty důležitých parametrů, se kterými byly tyto metody volány a které mají zásadní vliv na získané výsledky.

Rovněž by bylo vhodné uvést podrobnější závěry z rozsáhlého testování, které bylo provedeno. Předpokládám, že uvedení konkrétních příkladů, kdy algoritmus rozpoznávání selže (např. z důvodů odlesků), by bylo z pohledu zpracování obrazu velmi přínosné a zajímavé.

Poslední připomínka se týká vývojové a programátorské dokumentace. Zcela nedostatečné (prakticky žádné) je komentování zdrojových kódů. Jedná se především o absenci dokumentačních komentářů. Celá vývojová dokumentace spočívá pouze v kapitole 5., kde je uveden pouze velmi stručný popis jednotlivých tříd. Zcela chybí jakýkoliv náhled na celkovou strukturu aplikace, rozdělení do balíčků a vztahů mezi nimi. Celý princip aplikace je demonstrován pouze uvedením několika (zpětně generovaných) diagramů implementačních (návrhových) tříd. Uvedené diagramy jsou velmi nezřetelné (rozmazané), chybí pojmenování vazeb nebo uvedení rolí a u některých vazeb je pravděpodobně chybně uvedena násobnost (CubeModel a CubeLayer). Pro lepší a snadnější pochopení principu a fungování aplikace by bylo vhodnější uvést analytický model.

### **Otázky k práci**

Můžete vysvětlit význam a grafické znázornění vybraných vazeb a spojnic pro některý z prezentovaných diagramů (např. příloha A nebo obrázek 19)? Můžete dané diagramy použít k jednoduchému a logickému představení fungování celé aplikace?

Předloženou diplomovou práci hodnotím stupněm **C** a doporučuji ji k obhajobě.

V Pardubicích dne 3. června 2019

.....  
Ing. Petr Veselý