



Software PIZZARO

Obsah

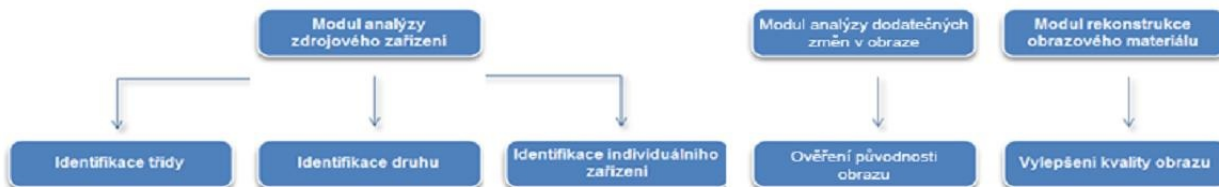
1. Úvod
2. Základy ovládání
3. Tabulka Ovládání klávesami a myší
4. Modul analýzy zdrojového zařízení
 1. Identifikace přístroje
 2. Identifikace druhu zdrojového fotoaparátu pomocí kvantizačních tabulek
 3. Detekce snímků přefocených z LCD monitoru
 4. Identifikace skenování
5. Modul detekce dodatečných změn v obraze
 1. Konzistence chromatické vady
 2. Analýza duplikovaných oblastí v digitálním obraze s pomocí diskrétních kosinových koeficientů
 3. Analýza dvojnásobné JPEG komprese
 4. Detekce různých šumových úrovní
 5. Detekce převzorkování
6. Modul zvýšení kvality obrazových dat
 1. SR
 2. Odšumování
 3. Odstraňování JPEG artefaktů
7. Reporty
8. Příloha 1 - běh programu
9. O aplikaci

1 Úvod

Softwarová aplikace PIZZARO vznikla v rámci projektu „Prostředky pro identifikaci obrazového záznamového zařízení, autentifikaci a rekonstrukci obrazu“ s identifikačním kódem „VG20102013064“, řešeného za podpory Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010-2015 (BV II/2-VS). SW byl vyvíjen na pracovišti Ústavu teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i. (ÚTIA) a Kriministického ústavu Policie ČR. Předmětem projektu PIZZARO je vývoj softwarového produktu pro podporu identifikace a autentifikace obrazových záznamových zařízení a materiálu a rekonstrukce zachycené obrazové informace. V dnešní době je forenzní analýza digitální fotografie, videa a odpovídajících snímacích zařízení často součástí vyšetřování a důkazního řízení. Obrazová snímací zařízení, jako například digitální fotoaparáty či digitální videokamery, jsou dnes běžně dostupná, dokonce některé druhy kriminality (dětská pornografie) jsou na nich přímo závislé. V projektu PIZZARO se vyvíjel produkt, který umožní lépe analyzovat digitální obrazové materiály (snímky i videa) než je možno existujícími metodami v kriminalistické praxi.

Projekt PIZZARO se zaměřuje na tři problémy, spojené s digitální obrazovou informací, jejich pořizováním a analýzou:

- identifikace snímacího zařízení
- pravost zachycené informace
- nedostatečná kvalita obrazové informace pro vynesení úsudků

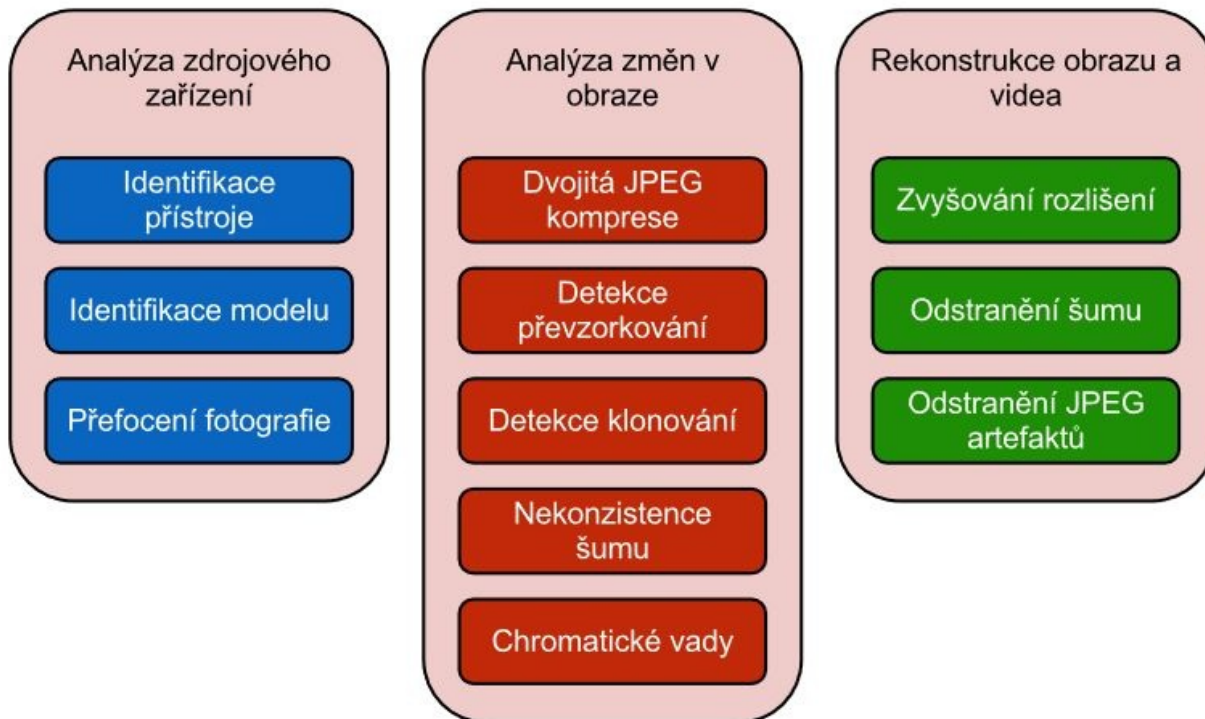


Během analýzy digitálního snímku/video je pro použití v důkazním řízení důležité, zda je možno jednoznačně identifikovat či vyloučit, kterým typem/modelem/konkrétním přístrojem snímacího zařízení byl pořizen. Navrhovaný Modul analýzy záznamového zařízení umožňuje identifikaci třídy, druhu či konkrétního zařízení na základě analýz šumových vlastností senzorů zařízení. Šumové vlastnosti senzorů byly vybrány pro jejich diskriminabilitu, stabilitu a přesnost i v reálných podmínkách.

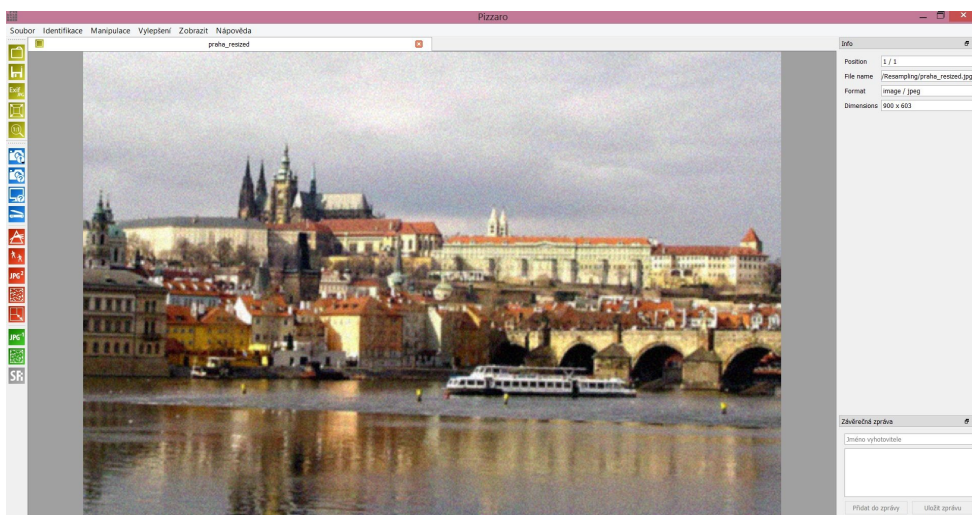
Vedle přiřazení dat k příslušnému zobrazovacímu zařízení je nutno zodpovědět otázku, zda fotografie či video jsou pravé, neupravené. Druhý Modul analýzy dodatečných změn v obraze se zabývá verifikací, zda nebyl snímek uměle modifikován a záměrně změněn jeho obsah. Metodika autentifikace obrazové informace se opírá o dosavadní výzkum v ÚTIA v daném oboru, využívající analýzu matematických charakteristik obrazu.

Poslední Modul rekonstrukce obrazového materiálu adresuje situaci, kdy snímek či video zachycuje scénu zájmu, ale není dostatečné kvality pro vynesení úsudku o tom, co se na scéně děje, kdo je na ní zachycen apod. Snímek může být rozmazán, může být zašuměn či jinak poškozen v důsledku radiometrických a geometrických vlivů. Pro rekonstrukci a zvýšení kvality obrazu/video se implementovala technologie vycházející z dosažených teoretických výsledků v ÚTIA v oblasti metod super-rozlišení.

Uvedené postupy byly navrženy pro zpracování jak fotografií, tak i videozáznamů, čímž umožní rozšířit použitelnost videozáznamů coby důkazního materiálu. Celý vývoj byl prováděn v úzké spolupráci mezi ÚTIA a Kriministickým ústavem s ohledem na potřeby kriminalistické praxe.



2 Základy ovládání



Softwarová aplikace PIZZARO nabízí tři skupiny nástrojů, odpovídající rozdělení projektu na jednotlivé moduly. Tyto nástroje jsou spouštěny ikonami na levé liště ovládacího panelu. Skupiny jsou od sebe barevně odlišeny, kromě funkčních je zde ještě kategorie systémová, která nabízí ukládání a otevírání souborů, jejich efektivní zobrazení a zobrazení systémových údajů k jednotlivým snímkům. Nástroje mohou být spuštěny také z hlavního menu na horní liště okna aplikace.

Práce s aplikací PIZZARO začíná otevřením souboru s daty, které chceme zpracovávat. Je možno otevřít najednou i více souborů, jejich záložky se pak zobrazí pod lištou hlavního menu. Levá lišta s nabídkou funkčních nástrojů má pro data v aktivním okně přístupné pouze ty nástroje, které je možno na tyto data použít (např. odstraňování JPEG artefaktů má význam provádět pouze na souborech typu JPEG). Na pravé straně aktivního okna se po zvolení nástroje objeví jeho odpovídající funkční menu. V jeho horní části je možno zadat případné parametry zvolené metody, nachází se zde tlačítko aktivující spuštění výpočtu, ve spodní části je pak kontextová nápověda, popisující účel zvoleného nástroje. Ve spodní části je pak tlačítko pro tvorbu závěrečného reportu, více o tom naleznete v [kapitole 7](#). Způsob ovládání prostředí aplikace PIZZARO pomocí klávesových zkratk naleznete v této [tabulce](#). Popis funkcí jednotlivých nástrojů spolu s podmínkami jejich použití a ilustračními případy je uveden v kapitolách [4](#), [5](#) a [6](#). A konečně náhledy obrazovek pro snadnější nahlédnutí ovládání jednotlivých prvků jsou součástí [Přílohy 1](#).

3 Tabulka Ovládání klávesami a myší

Klávesnice	Popis	Myš
Šipky	Posun	Levé + posun
F	Zobrazení 1:1 / přizpůsobit oknu	dvojklik
Menu	Kontextová nabídka	pravé
Ctrl + levá šipka	Předchozí snímek v sekvenci	
Ctrl + pravá šipka	Následující snímek v sekvenci	
Ctrl + +	Přiblížit	Kolečko nahoru
Ctrl + -	Oddálit	Kolečko dolů

Ctrl + F	Zobrazení na celou obrazovku	
	Označení oblasti zájmu (ROI)	Ctrl + levé + posun
	Posun ROI	Ctrl + levé v ROI + posun
	Zrušení ROI	Ctrl + levé mimo ROI
Alt + P	Spustit výpočet	
Ctrl + mezerník	U SR přepne mezi vstupem/výsledkem	
Ctrl + Tab	Přepínání záložek	

4 Modul analýzy zdrojového zařízení



4.1 Identifikace přístroje



Funkce

Identifikace konkrétního přístroje, kterým byl pořízen analyzovaný snímek, pomocí parametrů přítomného šumu. Extrahované parametry jsou porovnány s databází přístrojů.

Popis

Metoda pracuje se šumem senzoru, který je pro daný přístroj charakteristický, stejně jako otisk prstu u člověka. Tento šum senzoru se "otiskuje" do každé fotografie pořízené daným přístrojem. Použití metody se sestává ze dvou kroků. Nejprve se ze sady fotografií, pořízené prověřovaným přístrojem, vyextrahuje charakteristický šum pro testovaný fotoaparát. Takto získaná data jsou následně uložena do souboru s koncovkou *.cfp. V druhé, testovací části se získaný šum porovnává se šumem vyextrahovaným z analyzovaného obrázku. Hodnoty odhadnuté podobnosti jsou v rozsahu [-1,1]. Pokud hodnota podobnosti je vyšší než automaticky stanovený práh, je zobrazena **zeleně**, v opačném případě **červeně**. Postup trénování (extrakce charakteristického šumu) je možno opakovat pro všechny ověřované přístroje, v testovací fázi pak budou vyhodnoceny všechny najednou.

Vstup:

- **Trénovací fáze** (extrakce referenčního šumu): Soubor fotografií uniformní scény (např. bílá stěna nebo obloha bez mraků), min 10 ks, stejné velikosti
- **Testovací fáze**: Analyzovaná fotografie, soubory s extrahovaným referenčním šumem pro ověřované přístroje, typ *.cfp

Výstup:

- **Trénovací fáze**: Soubor s extrahovaným referenčním šumem pro daný přístroj, typ *.cfp.
- **Testovací fáze**: Podobnost mezi šumem testované fotografie a referenčním šumem pro zvolené ověřované přístroje.

Parametry:

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Soubory *.cfp, které obsahují již vyextrahované šumy fotoaparátů pro porovnání.

Omezení

Pro extrakci charakteristického šumu fotoaparátu je potřeba použít minimálně 10 snímků stejné velikosti, pořízené tímto fotoaparátem. Tyto fotografie musí mít stejnou velikost a orientaci jako zkoumaný snímek. Velikost testovaného obrázku musí být větší než 512x512 pixelů. Pokud jsou fotografie před použitím této metody nějak softwarově upravené (např. vysoká JPG komprese, necentrování výřez, otáčení, odstranění/přidání šumu, rozostření), nedává metoda spolehlivé výsledky. Zabudované automatické vylepšování kvality fotografií ve fotoaparátech může snížit důvěryhodnost výsledků. Porovnání šumu z analyzované fotografie s extrahovaným šumem fotoaparátu nám udává odhadnutou míru vzájemné podobnosti těchto hodnot, není možno na jejím základě vyslovovat kategorické závěry - pokud hodnota podobnosti je nižší než práh (je zobrazena červeně), může být analyzovaný snímek přesto pořízen tímto fotoaparátem. Pokud je hodnota podobnosti vyšší než práh (je zobrazena zeleně), doporučená interpretace je, že analyzovaný snímek mohl být pořízen tímto fotoaparátem (ale nelze to tvrdit jednoznačně). Metoda je použitelná pro videa s MPEG kompresí.

Doporučení

Trénovací fáze: pro extrakci šumu daného přístroje je dostačující použít cca 30 fotografií homogenní scény (např. rozostřená bílá stěna).

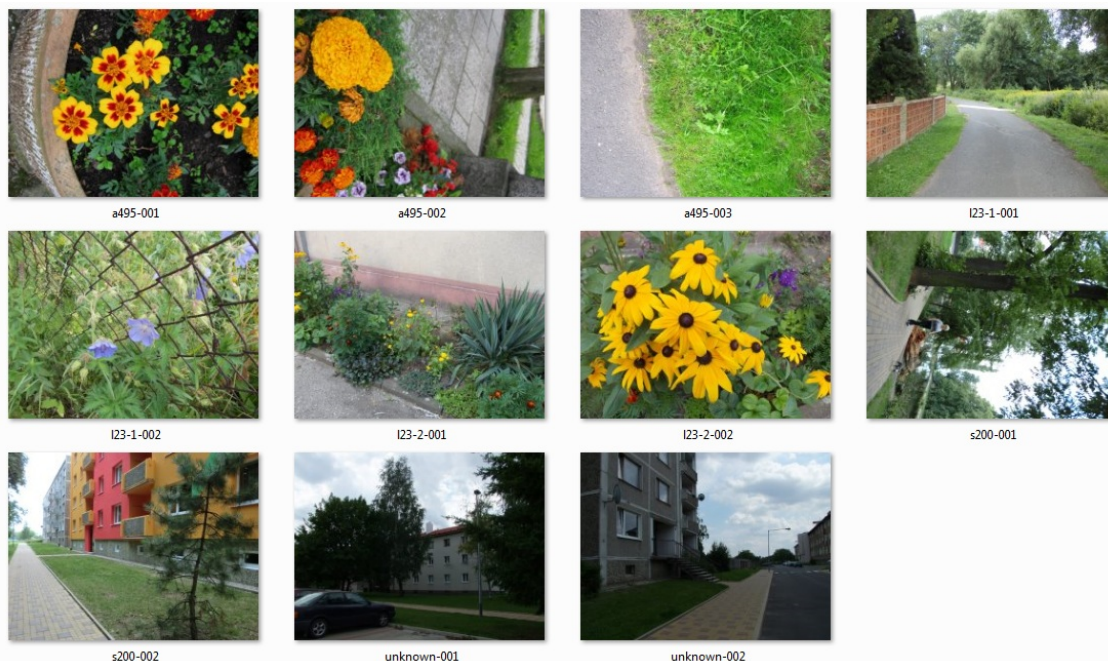
Testovací fáze: pokud je hodnota výsledné podobnosti šumu vyšší než 0.1, můžeme usuzovat, že analyzovaná fotografie byla pořízena testovaným fotoaparátem.

Spolehlivost odpovědi můžeme zvýšit analýzou více fotografií z ověřovaného fotoaparátu.

Příklady použití

Pro demonstraci použití této metody jsme vybrali tento příklad:

Zadáni: Máme 11 různých fotografií, o kterých si myslíme, že by mohli pocházet ze 4 různých fotoaparátů (canon-powershot-a495, casio-ex-s200, nikon-coolpix-l23-1, nikon-coolpix-l23-2).



Tím, že jde o modelový příklad, nesou fotografie názvy fotoaparátů, kterými byly fotografovány (poslední dvě byly fotografovány nezařazeným fotoaparátem, jiným než uvažované 4 přístroje).

Postup řešení: Pro každý fotoaparát nafotíme 50 referenčních snímků. Fotografujeme z ruky bez stativu například bílou stěnu, ideálně s nezaostřeným objektivem. Z těchto souborů vyextrahujeme referenční snímky šumu (akce *Trénovat*) pro jednotlivé fotoaparáty. Po tomto natrénování otestujeme (akce *Porovnat*) ověřované fotografie vzhledem k referenčním šumům přístrojů.

Výsledky:

snímky	Fotoaparát			
	canon-powershot-a495	casio-ex-s200	nikon-coolpix-I23-1	nikon-coolpix-I23-2
a495-001.JPG	0.0233	-0.0002	0.0000	-0.0008
a495-002.JPG	0.0329	-0.0004	-0.0001	-0.0005
a495-003.JPG	0.0007	-0.0003	0.0003	-0.0006
I23-1-001.JPG	-0.0008	-0.0003	0.0389	0.0006
I23-1-002.JPG	-0.0004	0.0006	0.0541	0.0008
I23-2-001.JPG	0.0007	0.0013	0.0008	0.0582
I23-2-002.JPG	-0.0004	0.0002	0.0010	0.0686
s200-001.JPG	0.0021	0.0519	0.0010	0.0013
s200-002.JPG	0.0005	0.0634	0.0009	-0.0001
unknown-001.JPG	0.0003	0.0015	0.0007	-0.0002
unknown-002.JPG	0.0000	0.0009	0.0004	0.0002

V tabulce jsou označeny zeleně, stejně jako v softwaru Pizzaro, ty výsledky, které přesáhnou práh odhadnutý při trénování pro daný fotoaparát. Je-li scéna příliš členitá (většinu fotografie zabírá nějaká textura), může se stát, že šum na hranách převáží šum fotoaparátu a shoda s referenčním snímkem nebude nalezena. Proto se lépe detekují v průměru scény s většími homogenními plochami. Tento případ vidíme na porovnaném snímku a495-003.JPG, kde vyšla korelace velmi nízká. Dalším důvodem neúspěchu při detekci zdrojového zařízení může být použití zoomu. Ukazuje se, že pokud je testovaný snímek fotografován s jiným zoomem, než byly pořizeny referenční fotografie, může se šumová charakteristika čipu fotoaparátu na snímcích lišit. Děje se tak z důvodu postprocesingu, který používají výrobci pro korelaci vinětače fotoaparátu. Z těchto důvodů doporučujeme nafotografovat více sad referenčních snímků s nastavením různých zoomů.

Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

4.2 Identifikace druhu zdrojového fotoaparátu pomocí kvantizačních tabulek

Funkce
Identifikace druhu přístroje, kterým byl pořízen analyzovaný snímek, pomocí JPG kvantizačních tabulek. Extrahované tabulky jsou porovnány s databází tabulek.

Popis

Formát JPEG je založen na tzv. DCT - diskretní kosinové transformaci, generující tzv. DCT koeficienty. Obecně lze tvrdit, že obraz je rozdělen na bloky 8x8 pixelů a pro každý blok je vyhodnocena jeho DCT. Poté DCT koeficienty projdou tzv. kvantizací, při které jsou diskretizovány hodnoty signálu. Kvantizační kroky (síla kvantizace) pro různé DCT koeficienty jsou definovány v kvantizačních tabulkách. Implementovaná metoda využívá tyto tabulky k identifikaci druhu zdrojového fotoaparátu na základě faktu, že jednotlivé skupiny fotoaparátů využívají omezené množství kvantizačních tabulek, tedy ze znalosti použité kvantizační tabulky je možno něco usuzovat o přístroji, který tuto fotografii pořídil. Součástí aplikace PIZZARO je databáze kvantizačních tabulek pro rozšířené modely fotoaparátů. Aplikace také vrací informaci o tom, zda jsou v databázi kvantizační tabulky modelu fotoaparátu, uvedeného v EXIFu snímku.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Seznam možných nalezených zdrojových fotoaparátů, identifikovaných na základě korespondence kvantizačních tabulek.

Parametry

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Databáze kvantizačních tabulek (dodávaná verze obsahuje cca 3500 typů).

Omezení

Metoda musí být aplikována na originální fotografie, pocházející z ověřovaného přístroje. Metoda může být aplikována pouze na fotografie ve formátu JPEG. Z důvodu možné nejednoznačnosti by měl být výsledek citlivě interpretován odborníkem.

Doporučení

Je nutno si uvědomit, že některé fotoaparáty využívají velkého množství kvantizačních tabulek. Dokonce některé počítají kvantizační tabulky na základě vyfotografované scény. Není reálné obsáhnout v dodávané databázi všechny existující kvantizační tabulky. Tento limit může omezit věrohodnost výsledků. Pokud se kvantizační tabulka analyzované fotografie shoduje s kvantizačními tabulkami používanými některým fotoaparátem a metoda tuhle shodu identifikuje, tak lze vyvodit závěr, že daný model fotoaparátu je jeden z možných kandidátů zdroje. Nenalezení shody může být způsobeno absencí modelu v kombinaci s danou kvantizační tabulkou v databázi nebo skutečnou nekorespondencí. Tuto metodu je vhodné použít jako preselektor, vzhledem ke zmíněným omezením.

Příklady použití

Identifikace modelu zdrojového zařízení využívá JPEG kvantizační tabulky k nalezení skupiny fotoaparátů, u které existuje vysoká pravděpodobnost, že fotografie by mohla pocházet od nich. K demonstraci využijeme níže prezentovaný snímek. Fotografie je pořízená fotoaparátem Sony DSC-W40. Tato informace je uvedena i v hlavičce souboru.

Aplikace Pizzaro našlo celkem 1017 fotoaparátů, které pravděpodobně umějí produkovat fotografie se stejnou kvantizační tabulkou jako náš obrázek. Jejich zkrácený seznam je uveden níže.



7.0M Digital CAM	ADV1172E
acer	CP-8531
acer	CU-6530
Acer Corporation	CI6330
...	.
Canon	Canon A-1
FUJIFILM	FinePix S5800 S800
...	...
SONY	DSC-W380
SONY	DSC-W390
SONY	DSC-W40
SONY	DSC-W5
...
VIVITAR	VIVICAM 5340S
Vivitar	Vivicam 8400
Vivitar	ViviCam X30

Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).



4.3 Detekce snímků přefocených z LCD monitoru



Funkce

Ověření původu snímku, zda byl přefocen z LCD monitoru. Sledované parametry zachycují barevnost snímků a pravidelnost vzorů na snímku.

Popis

Funkce je navržena tak, aby extrahovala z předložené fotografie takové příznaky (vlastnosti), jež jsou typickými ukazateli původu snímku se zaměřením na přefocení LCD monitoru jako zdroje. Do takové sady příznaků patří například příznaky citlivé na podání barev (barvy přefocených snímků z LCD monitoru jsou často méně výrazné), nebo příznaky detekující pravidelné vzory vznikající při přefocení. Získané příznaky jsou porovnávány s databází příznaků reprezentujících snímky získané přefocením fotografie z LCD monitoru. V případě, že tyto příznaky napovídají na to, že byl zkoumaný snímek přefocen, vydá algoritmus příslušnou odpověď ("přefoceno"). Odpověď "nepřefoceno" vydá program v případě, že nenajde žádné indicie toho, že byl snímek získán přefocením monitoru.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Rozhodnutí o původu obrázku - "přefoceno" x "nepřefoceno".

Parametry

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Algoritmus potřebuje ke správnému běhu databázi příznaků typických pro snímky přefocených z LCD monitoru. Tato je obsažena v souboru "Recapture.svm" v adresáři "svm".

Omezení

Vzhledem ke stále se vyvíjejícím technologiím může dojít k tomu, že příznaky typické pro dané technologie nebudou v databázi zastoupeny. Větší manipulace se snímkem, např. za použití editačního software, může přispět k chybné interpretaci příznaků. V těchto případech může algoritmus vydat zavádějící odpověď.

Doporučení

Funkce je zaměřena na nalezení známek přefocení. Dobrá interpretace výsledků je, že v případě odpovědi "nepřefoceno" nebyly takové příznaky algoritmicky nalezeny nebo nejsou zastoupeny v databázi. Stále se tedy může jednat o snímek přefocený, který mohl být například upraven programem na manipulaci s fotografiemi.

Příklady použití

Pro demonstraci funkčnosti a použití modulu přefocení z LCD monitoru vezmeme dva snímky. První je fotografií pořízenou digitálním fotoaparátem a druhý je snímek, který vznikl přefocení fotky zobrazené na LCD monitoru digitálním fotoaparátem.

První snímek - nepřefocený, druhý snímek - přefocený



Stlačením tlačítka *Vypočít* spustíme proces vyhodnocení snímku, který po skončení činnosti zobrazí výsledek: přefoceno / nepřefoceno.

Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

4.4 Identifikace skenování

Funkce
Ověření původu snímku, zda byl naskenován. Analyzuje se vzájemný vztah (korelace) přítomného šumu mezi jednotlivými řádky snímku.

Popis

Pro skenování dokumentu nebo fotografie používá skener jednořádkovou soustavu senzorů, na kterou je pomocí soustavy zrcadel a krokových motorů přenášen obraz řádek po řádku. U barevné fotografie je soustava senzorů třířádková, přičemž každému barevnému kanálu odpovídá jeden řádek. Z důvodu nestejně citlivosti jednotlivých senzorů v řádku je zanašen při snímání do fotografie šum senzoru. Pro stejné pozice v jednotlivých řádcích je používán v procesu skenování stejný senzor. Tím se tento šum senzoru projevuje podobně ve všech řádcích skenovaného dokumentu na rozdíl od fotografie, kde máme matici senzorů, které jsou na sobě nezávislé. Zaměříme-li se tedy na korelaci mezi jednotlivými řádky a sloupci šumu, uvidíme u skenovaných dokumentů výraznější korelaci mezi řádky. Z tohoto principu vychází implementovaná metoda.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Rozhodnutí o původu obrázku - skenováno / neskenováno

Parametry:

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Tato funkce neobsahuje žádné pomocné struktury.

Omezení

Testovaný obrázek nesmí být menší než 512x512 pixelů. Metoda nemusí odhalit naskenované obrázky, pokud skener používá nějaké softwarové nástroje pro vylepšení skenovaného dokumentu, které tyto korelace v řádcích odstraňuje. Vysoký kompresní poměr u JPEG ukládání pořízených dat také může narušit předpokládaný matematický model pro skenovanou fotografii. Metoda také neodhalí skenované fotografie, s kterými bylo výrazněji manipulováno pomocí editačních softwarů (odšumění, rozmazání, natočení, atd.).

Příklady použití

Pro demonstraci funkčnosti a omezení modulu detekce skenovaných snímků vezmeme dva snímky. První byl naskenovaný a druhý byl vytvořen z prvního snímku natočením a poté oříznutím.



Stlačením tlačítka *Vypočít* spustíme proces vyhodnocení snímku, který po skončení činnosti zobrazí výsledek: skenováno (levý), neskenováno (pravý). Tím, že je metoda založena na podobnosti šumu v jednotlivých řádcích snímku, stačí snímek trochu natočit a metoda začne produkovat nedůvěryhodné informace.

Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

5 Modul detekce dodatečných změn v obraze

5.1 Konzistence chromatické vady

Funkce
Detekce kompozice z více snímků pomocí odchylek barevnosti RGB kanálů snímku. Nehomogenita odlišné lámavosti světla různých barev v objektivu může ukazovat na neoriginalitu snímku.

Popis

Funkce konzistence chromatické vady provede odhad vzájemného posuvu jednotlivých barevných kanálů v různých místech obrazu pro účely vizuální kontroly konzistence této distorze v rámci celé plochy obrazu. Cílem je stanovit, zda je fotografie autentická, nebo existuje podezření, že byla vytvořena uměle. Pro posouzení konzistence je nutné chromatickou vadu odhadnout ve velké ploše obrazu, není tak z podstaty možné detekovat modifikace malé části vstupní fotografie. Vhodným příkladem použití je stanovení, zda fotografie vznikla kompozicí dvou fotografií, z nichž každá zabírá přibližně polovinu plochy obrazu (například popředí a pozadí).

Fyzikální princip metody se opírá o fakt, že lom světla závisí na vlnové délce (barvě) světla. Tato vlastnost způsobí, že po průchodu světla optickou soustavou fotoaparátu se jeden bod fotografované scény promítne do více bodů na snímači, přičemž jednotlivé obrazy reprezentují různé barvy přítomné v původním spektru. Chromatická vada není v každém bodě obrazu stejná, přibližně platí, že posuv je nulový v místě optické osy (okolo středu fotografie) a roste se vzdáleností od této osy, tzn. v okrajích fotografie bývá nejvyšší. Snímač fotoaparátu měří pouze tři barvy – červenou, modrou a zelenou – ze kterých skládá původní barvu. Zmíněný posuv jednotlivých barev v každém bodě aperatury způsobí, že i nasnímané barevné kanály jsou navzájem posunuté, v každém bodě jinak.

Smyslem funkce je zkontrolovat, zda je chromatická vada přirozená, tzn. s konzistentní pravidelnou strukturou v celé ploše obrazu. Po provedení výpočtu jsou zobrazeny barevné posuvy mezi zeleným a červeným, resp. zeleným a modrým kanálem (měřítko posuvů je silně zvětšené). Pokud se jednotlivé šipky pravidelně rozbíhají nebo sbíhají okolo jednoho středu, znamená to, že chromatická vada je konzistentní v celém obrazu. Pokud má jedna část fotografie výrazně jiné rozložení šipek než jiná část (přechod mezi nimi není hladký, ale je tam prudký skok, nebo se šipky rozebíhají kolem více "středů" apod.), znamená to, že fotografie pravděpodobně není autentická.

Protože chromatická vada představuje vizuální nedostatek na fotografii, snaží se výrobci fotoaparátů tuto vadu minimalizovat, a to jednak vhodnou soustavou čoček (což většinou způsobí, že vada není odstraněna úplně, ale je měřitelná alespoň v jednom kanálu) a dále softwarovým zpracováním výsledné fotografie (což může obraz natolik změnit, že vada

není měřitelná vůbec). Po výpočtu je proto třeba ignorovat výsledek, kde jednotlivé šípky chaoticky ukazují na různé strany bez zjevné struktury, nebo nejsou zobrazeny šípky žádné (tzn. žádný posuv nebyl detekován). Stane-li se toto pouze v jednom barevném kanálu, je možné k vyhodnocení fotografie použít výsledek z druhého kanálu, stane-li se to však v obou kanálech, není možné fotografii touto funkcí vyhodnotit, neboť byla softwarovým zpracováním příliš změněna. Žádný posuv není zobrazen také v místech, kde na obraze chybí struktura, podle které by bylo možné posuv identifikovat (například je-li na fotografii obloha, zeď apod.).

Vstup: Barevná analyzovaná fotografie dostatečně velké velikosti.

Parametry

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Tato funkce neobsahuje žádné pomocné struktury.

Omezení

Obrázek musí být barevný (tři barevné kanály). Minimální rozumná velikost obrázku je přibližně 800x800px, pro menší obrázky je vyhodnocení konzistence problematické. Funkce slouží primárně ke stanovení, zda byl obrázek vytvořen kompozicí několika přibližně stejně velkých částí, není z principu možné touto funkcí detekovat změny v malé ploše obrázu.

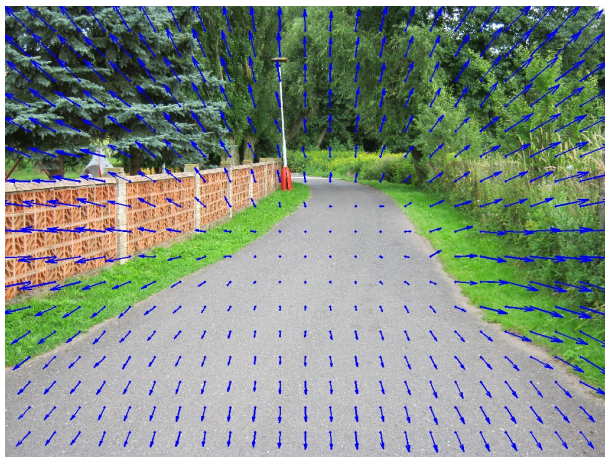
Doporučení

Pokud se šípky pravidelně sbíhají nebo rozbíhají kolem jednoho středu přibližně uprostřed fotografie, je chromatická vada konzistentní a není v tomto směru důvod k podezření na falsifikát (podrobnosti viz popis a omezení). Mají-li šípky pravidelnou strukturu v různých částech obrázu, ale mezi těmito částmi je viditelná "hranice" (nespojitosť), je pravděpodobné, že fotografie je výsledkem kompozice více snímků. Vykazuje-li jeden ze zobrazených výsledků (červený nebo modrý) částečně pravidelnou strukturu zatímco druhý ne, pracujte pouze s prvním výsledkem. Pokud jsou oba výsledky chaotické, bez zjevné struktury, nebo pokud nejsou žádné šípky zobrazeny (posuv nebyl detekován), není možné fotografii touto funkcí vyhodnotit, neboť byla příliš upravena post-procesingem ve fotoaparátu.

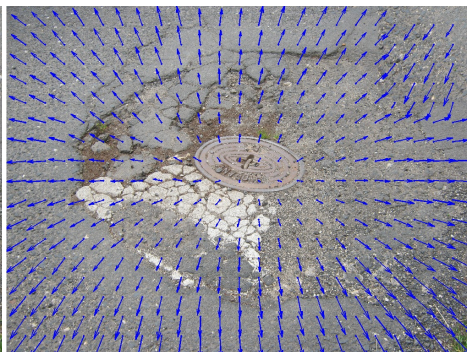
Příklady použití

Výstupem funkce "Konzistence chromatických vad" je soustava červených resp. modrých šipek, které znázorňují posuv červené resp. modré barvy ve fotografii od referenční zelené. V místě nulového posuvu jsou zobrazeny tečky a v místech, kde není možné posuv detekovat jsou zobrazeny křížky. Uživatel musí sám posoudit, zda tento výsledek odpovídá autentické fotografii, nebo naznačuje, že bylo s fotografií manipulováno. Následující příklady slouží jako návod, jak tento posudek provést.

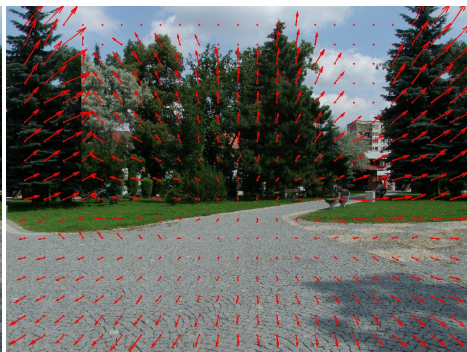
Díky optice běžného fotoaparátu se šípky posuvů pravidelně rozbíhají nebo sbíhají přibližně od středu fotografie, jak znázorňuje následující obrázek.



Pokud je fotografie vyrobena kompozicí z více částí, je pravděpodobné, že chromatická vada nebude mít takto pravidelnou strukturu v celé ploše obrázu. Následující dvě ukázky znázorňují, jak vypadá detekovaná chromatická aberace u fotografií, se kterými bylo manipulováno.



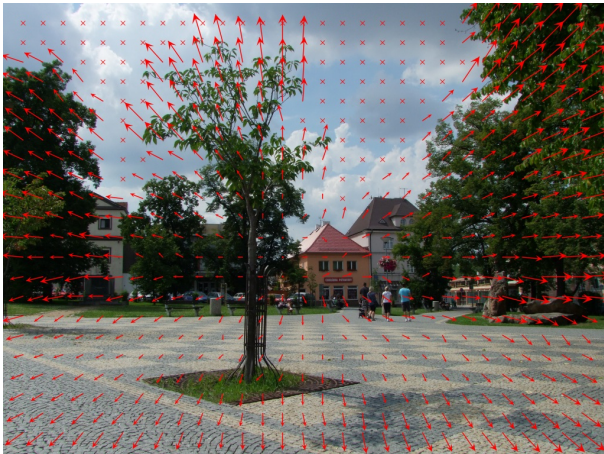
Původní autentická fotografie (příklad 1). Na fotografii byl odmazán objekt (vpravo nahoře). U chromatické aberace, v pravém horním rohu, je vidět nepravidelnost.



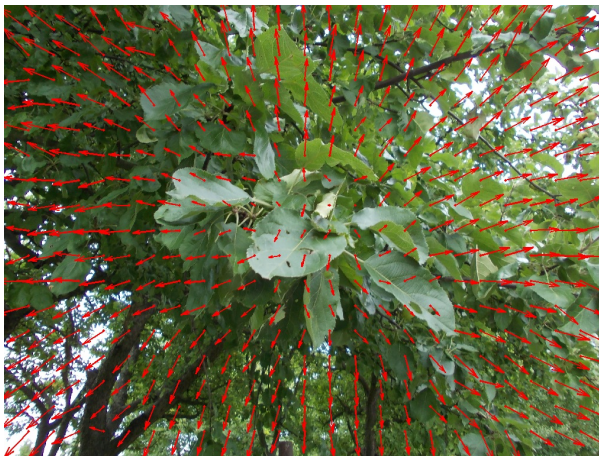
Původní autentická fotografie (příklad 2). Na fotografii byl přidán objekt (vlevo nahoře). Chromatická aberace, v levém horním rohu je vidět nepravidelnost.

Chromatickou vadu není možné detekovat v místech, které neobsahují žádnou strukturu (například obloha). V těchto místech se na výstupu objeví křížky, což však v tomto případě

není známkou manipulace s fotografií.

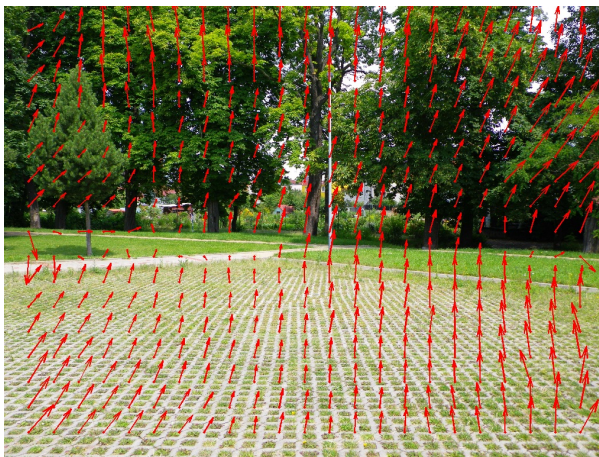


Protože chromatická vada představuje vizuální nedostatek na fotografii, snaží se výrobci fotoaparátů tuto vadu minimalizovat. V některých případech je tak vada částečně eliminována v jednom barevném kanálu, zatímco ve druhém zůstane. Uživatel by tak měl prohlédnout oba výstupy a k posouzení autenticity fotografie použít takový barevný kanál, který vykazuje vyšší pravidelnost, jak zobrazují následující ukázky.



Aberace modré barvy jsou mále pravidelné. Aberace červené barvy mají vyšší pravidelnost a jsou v tomto případě vhodnější pro posouzení fotografie.

Může se však stát, že je chromatická vada výrobcem fotoaparátu natolik potlačena, že jí není možné k posouzení autenticity fotografie použít vůbec. Následující ukázky zobrazují situace, kdy je výstup díky vysoké míře softwarového zpracování fotografie ve fotoaparátu zcela nevhodný k posouzení pravosti fotografie a je v tomto případě nutné použít jinou metodu.



Detekovaná aberace je zcela nahodilá, nevykazuje žádnou pravidelnou strukturu nebo je většina šipek velmi malá. Tento výsledek je pro posouzení pravosti nepoužitelný. Detekovaná aberace má jinou pravidelnou strukturu, než jaká odpovídá fyzikálním jevům v optice fotoaparátu, což je důsledkem modifikace optiky nebo softwarového zpracování. V tomto případě je v principu možné z odchylek od pravidelnosti určit pravost fotografií, výsledek je však méně spolehlivý než v obvyklém případě.

Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).



5.2 Analýza duplikovaných oblastí v digitálním obraze s pomocí diskrétních kosinových koeficientů.

Funkce

Detekce duplikovaných oblastí pomocí diskrétní kosinové transformace DCT. Lze tak analyzovat data, která jsou si podobná, ale nejsou identická (po JPEG kompresi).

Popis

Tato metoda hledá oblasti obrazu, které mohou být duplikované. Duplikované oblasti jsou takové oblasti, které jsou si navzájem velice podobné. K nalezení pravděpodobně duplikovaných oblastí tato metoda rozděljuje obraz do malých bloků. Poté jsou tyto bloky reprezentovány pomocí tzv. diskrétní kosinové transformace. Tato reprezentace bloků pomáhá k lepšímu nalezení duplikovaných oblastí, které jsou sice podobné, ale ne identické. Neidentičnost duplikovaných oblastí může být způsobena např. silnou JPEG kompresí obrazu.



Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Mapa nalezených duplikovaných oblastí.

Parametry

Minimální velikost duplikované oblasti - parametr určuje minimální velikost detekovaných regionů. Čím menší velikost, tím více duplikovaných oblastí (i false-positives).
Hloubka vyhledávání. Parametr určuje hloubku vyhledávání. Čím větší hloubka, tím více duplikovaných oblastí (i false-positives). Parametr též ovlivňuje výpočetní čas algoritmu.

Pomocné struktury

Nejsou.

Omezení

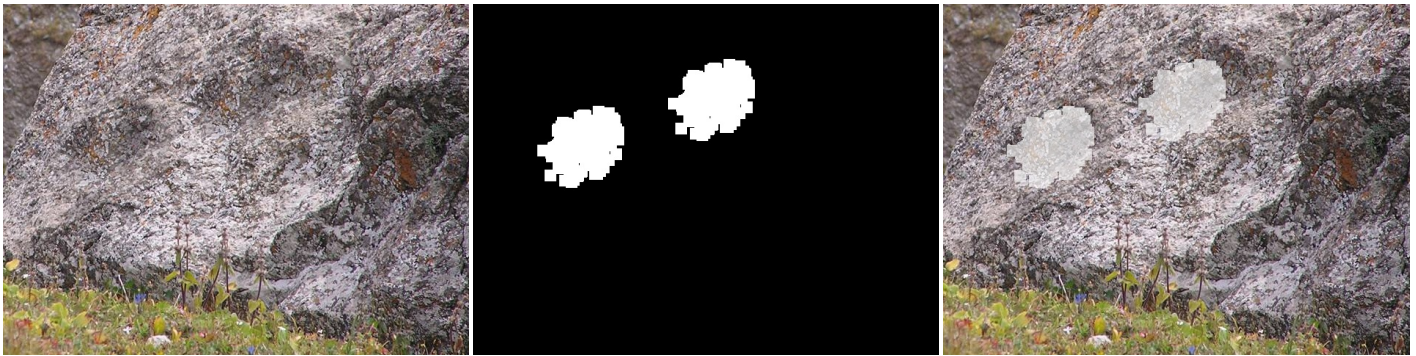
Metoda nemůže být aplikována na fotografie menší než 128 x 128 pixelů. Detekce malých duplikovaných oblastí (menší než 32 x 32 pixelů) není touto metodou možná. Silnější JPEG komprese (silnější než JPEG 60%) může přinášet takové změny do duplikovaných oblastí, znemožňující jejich identifikaci touto metodou. Obecně lze tvrdit, že nalezení malých duplikovaných oblastí (třeba 64x64 pixelů) ve větších fotografiích (třeba 2400x2000 pixelů) je málo pravděpodobné touto metodou. Detekovaná duplikovaná oblast nemusí vždy být výsledkem digitální editace fotografie. Často i autentické fotografie obsahují duplikované oblasti (např., nebe, podlaha, zeď, stoly, atd.). Výsledek metody musí být citlivě interpretován odborníkem.

Doporučení

Musíme si uvědomit, že duplikované či podobné oblasti existují téměř ve všech autentických fotkách (např. stěny, obloha, dveře, auta, podlaha, apod.). Proto je citlivá interpretace generovaných výsledků odborníkem a jejich fúze s jinými znalostmi o případu téměř nutná. Dále, doporučujeme metodu aplikovat spíše na fotografie mající větší množství textur a menší množství hladkých oblastí (obloha, podlaha, apod.). Celkově lze tvrdit, že čím je duplikovaná oblast větší a analyzovaná fotografie menší, tím existuje lepší pravděpodobnost, že metoda správně detekuje duplikované oblasti.

Příklady použití

Níže prezentovaná fotografie je vhodným příkladem pro aplikaci programu Pizzaro. Fotografie je malé velikosti (640x480 pixelů), obsahuje málo homogenních oblastí, duplikované oblasti jsou dostatečně velké, aby mohly být detekovatelné.



Tato druhá ilustrativní fotografie naopak obsahuje velké množství homogenních oblastí. Tyto oblasti jsou vizuálně podobné, a proto je program Pizzaro označuje jako duplikované.



Je zřejmé, že čím nižší hodnoty parametru minimální velikost duplikovaných oblastí, tím vyšší počet false-positives i správně detekovaných duplikovaných oblastí. Analogicky to platí i pro parametr hloubka vyhledávání. Výsledek detekce oblastí pro 3 různá nastavení parametru min. velikost (malá, střední, velká).



br>



Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

JPG² 5.3 Analýza dvojnásobné JPEG komprese.

Funkce
 Detekce dvojnásobné JPEG komprese pomocí analýzy DCT koeficientů. Analyzují se periodicky opakované vlastnosti histogramu těchto DCT koeficientů.

Popis

K digitální editaci fotografie je často zapotřebí fotografii otevřít v softwarovém editoru, provést změny a poté fotografii znova uložit. Pokud původní fotografie byla originál a ve formátu JPEG a finální modifikovaný obraz byl také uložen ve formátu JPEG, pak existuje možnost, že finální fotografie bude obsahovat stopy ukazující na dvojnásobnou JPEG kompresi. JPEG komprese je založená na tzv. diskretní kosinové transformaci (DCT) generující DCT koeficienty. Během JPEG komprese koeficienty prochází kvantizací, která je procesem diskretizace oboru hodnot signálu. Za určitých podmínek histogram dvojnásobně kvantizovaných DCT koeficientů JPEG obrazu může obsahovat detekovatelné, periodicky se opakované vlastnosti. Metoda detekuje tyto periodicky opakované vlastnosti.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Vystup: Mapa dvojnásobně komprimovaných JPEG oblastí. Informace o lokální a globální dvojnásobné JPEG kompresi.

Parametry

Citlivost – tento parametr ovlivňuje citlivost metody. Čím vyšší citlivost, tím více dvojnásobně komprimovaných oblastí (i false-positives).

Pomocné struktury

Nejsou.

Omezení

Metoda musí být aplikována na snímky větší než 480 x 480 pixelů, které jsou uloženy ve formátu JPEG. Metoda nemůže generovat spolehlivé výsledky v hladkých oblastech. Aby metoda mohla detekovat stopy po dvojnásobné JPEG kompresi, je zapotřebí, aby finální fotografie byla uložena s lepší kvalitou JPEG kompresi (např. nad JPEG 75%). Pro požadovanou funkčnost metody je potřeba se zaměřit na data, kde kompresní kvalita originální fotografie je lepší než finální fotografie a během zpracování ani pořízení dat nedošlo k ořezu.

Doporučení

Lepší výsledky lze očekávat v texturovaných fotografiích s lepší finální kvalitou JPEG komprese (nad JPEG 75%). Výsledek metody musí být citlivě interpretován odborníkem a to i s přihlédnutím na skutečnost, že dvojnásobná JPEG komprese může být pouze výsledkem otáčení obrazu, změny velikosti obrazu či kontrastu anebo i různých funkcionalit dnešních "chytrých" fotoaparátů.

Příklady použití

Níže prezentovaná fotografie je dvojnásobně komprimována a uložena s vysokou kvalitou JPEG (90%). Zároveň obsahuje málo homogenních oblastí. Proto zde existuje velmi dobrá pravděpodobnost, že stopy po dvojnásobné kompresi budou detekované. Po aplikaci programu Pizzaro na obrázek vidíme, že program správně označuje obrázek za dvojnásobně komprimovaný JPEG algoritmem. Naopak, další analyzované fotografie jsou dvojnásobně komprimované, ale buď obsahují velké množství homogenních částí (obrázek vlevo), či jsou uloženy s nižší kvalitou JPEG (70%). Proto stopy po dvojnásobné JPEG kompresi nelze programem Pizzaro detekovat. Metodu lze aplikovat i lokálně. Pokud část obrázku ukazuje stopy po dvojnásobné JPEG kompresi a jiná část ne, program Pizzaro dokáže tyto nekonzistentní oblasti detekovat. K tomu je nutné splnění několika podmínek včetně toho, aby jedna z nekonzistentních oblastí byla znova uložena JPEG algoritmem pouze jednou a druhá nebyla. Dále je potřeba, aby finální obrázek byl uložen s vysokou kvalitou JPEG.



Metodu lze aplikovat i lokálně. Pokud část obrázku ukazuje stopy po dvojnásobné JPEG komprese a jiná část ne, tak existuje reálná pravděpodobnost, že program Pizzaro dokáže tyto nekonzistentní oblasti detekovat. K tomu je nutné splnění několika podmínek včetně toho, aby jedna z nekonzistentních oblastí byla znovu uložena JPEG algoritmem pouze jednou a druhá nebyla. Dále je potřeba, aby finální obrázek byl uložen s vysokou kvalitou JPEG.

Mohou existovat snímky (viz. níže), které byly sice dvojitě komprimované, ale buď obsahují velké množství homogenních částí (obrázek vlevo), či jsou uloženy s nižší kvalitou JPEG (70%), nebo jsou vícekrát komprimované. Proto stopy po dvojnásobné JPEG kompresi nelze programem Pizzaro detekovat.



Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).



5.4 Detekce různých šumových úrovní.



Funkce

Lokální vyhodnocení parametrů přítomného šumu ve snímku. Různé šumové úrovně obrazu mohou být výsledkem přidávání aditivního šumu do obrazu.

Popis

Jeden ze způsobů maskování dodatečných změn v obraze může být přidávání aditivního šumu do modifikovaných oblastí. Proto tato metoda vizualizuje detekované šumové úrovně obrazu. Obraz obsahující různé oblasti se silně odlišnými šumovými úrovněmi může být výsledkem modifikace.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Mapa ukazující různé šumové úrovně.

Parametry

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Nejsou.

Omezení

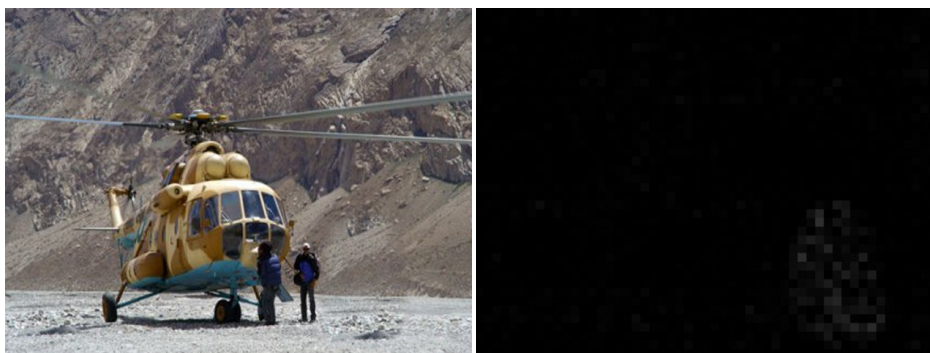
Analyzovaná fotografie musí být větší než 128x128 pixelů. Aby šumová nekonzistence byla detekována, tak je nutné, aby šum byl přidán lokálně do obrazu a byl dostatečně odlišný od zbytku obrazu. Je nutné si uvědomit, že i autentické fotografie mohou obsahovat oblasti s různými úrovněmi šumu. Silnější JPEG komprese (silnější než JPEG 60%) může přinášet takové změny do obrazu, které vážně zkomplikují správnou identifikaci oblastí s různými úrovněmi šumu.

Doporučení

Doporučujeme metodu aplikovat spíše na fotografie mající menší množství silných textur. Citlivá interpretace generovaných výsledků odborníkem a jejich fúze s jinými znalostmi o případu je nutná.

Příklady použití

Níže prezentovaná fotografie je vhodným příkladem pro aplikaci programu Pizzaro. Obrázek obsahuje malé množství silných textur, a proto program Pizzaro dokáže úspěšně odhadnout úroveň lokálního šumu a tak nalézt oblasti s nekonzistentní úrovní šumu. Výstup generovaný programem Pizzaro, ukazuje, že oblast obsahuje jinou úroveň šumu.



Tento druhý obrázek je originální. Nicméně aplikace programu Pizzaro na něm ukazuje nekonzistenci lokálního šumu. Nejde o chybu v programu, jde o dopad všudypřítomného

aditivního šumu. Často i originální obrázky mají oblasti s různou úrovní šumu.



Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).



5.5 Detekce převzorkování.



Funkce

Detekce geometrických úprav (rotace, změna měřítka). Analyzují se frekvenční vlastnosti snímku.

Popis

Tato metoda pomáhá zjistit, zda fotografie byla geometricky změněna (zvětšena, rotována, atd.). Obecně se dá tvrdit, že fotografie, která je geometricky transformována obsahuje periodicky opakovanou korelaci. Za určitých podmínek lze tyto korelace detekovat. Jejich detekce může naznačovat přítomnost stopy geometrické transformace ve fotografiích.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Spektrum ukazující přítomnost periodických korelací v obraze.

Parametry

Tato funkce neobsahuje žádné uživatelsky nastavitelné parametry.

Pomocné struktury

Nejsou.

Omezení

Analyzovaná fotografie musí být větší než 256x256 pixelů. Analyzovaná fotografie buď musí být nekomprimovaná, anebo komprimovaná s velmi vysokou kvalitou JPEG kompresí (nad JPEG 95%). Metoda nemůže být aplikována na fotografie pořízené s digitálním zoomem. Výsledek metody musí být citlivě interpretován.

Doporučení

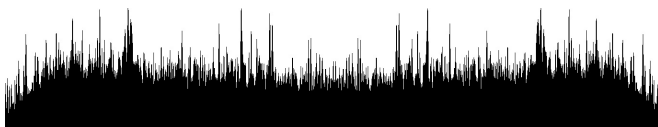
Pokud se ve spektru objeví jeden či několik silných peaků, tak mohou být signálem ukazující na přítomnost převzorkování. V opačném případě závěr je, že metoda žádné stopy po přítomnosti převzorkování nenašla. Musíme si uvědomit, že i autentické obrazy mohou obsahovat periodické korelace (např., způsobené digitálním zoomem, CFA interpolací, JPEG algoritmem, atd.). Proto je citlivá interpretace generovaných výsledků odborníkem a jejich fúze s jinými znalostmi o případu nutná.

Příklady použití

Níže prezentovaná fotografie, která nikdy neprošla JPEG kompresí, obsahuje detekovatelné stopy geometrických úprav. Po její analýze program Pizzaro vygeneruje následující spektrum. Snadno lze vyzorovat, že spektrum obsahuje několik velmi silných a odlišných peaků. Tyto peaky signalizují stopy geometrických úprav.



Pokud by generované spektrum neobsahovalo žádné podobné peaky, tak lze konstatovat, že stopy geometrických úprav detekovány nebyly.



Níže je prezentována fotografie, která je originál (neobsahuje žádné stopy geometrických úprav). Nicméně, spektrum vygenerovaný programem Pizzaro naznačuje přítomnost geometrických úprav. Typickým důvodem těchto false-positives je, že fotografie prošla JPEG kompresí, nebo ve fotoaparátu byl nastaven režim digitální zoom, anebo algoritmus demosaicing využívaný ve fotoaparátu přinesl do fotografie periodicky opakované korelace.



Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

6 Modul rekonstrukce obrazového materiálu

SR 6.1 Super rozlišení

Funkce

Zvýšení rozlišení obrazu kombinováním více snímků téže scény. Lze tak zvýšit čitelnost poznávacích značek, obličejů či jiných detailů v obraze.

Popis

Funkce super rozlišení (SR) vhodnou kombinací vstupních obrázků generuje jeden obrázek o vyšším rozlišení s více detaily. Kromě vlastního zvýšení rozlišení provádí doostření a odstranění šumu. SR je koncipována na práci s více obrázky zachycující stejnou scénu nebo konkrétní jeden objekt (např. osoba nebo auto). Typickým příkladem je krátká video sekvence zachycující pohybující se objekt zájmu na několika snímcích. Tyto snímky pak mohou být vstupem pro funkci SR. Funkce SR je nastavena tak, aby pracovala na vybrané oblasti zájmu, tzv. ROI (Region of Interest). Uživatel nejprve vybere ROI na všech či na libovolné podmnožině obrázků vstupní sekvence a dále zvolí referenční obrázek ze sekvence. Vybrané ROI by měly zachycovat stejný objekt zájmu a pokud možno z podobného úhlu pohledu. Například auto zepředu a zezadu jsou dva neslučitelné pohledy. Pak SR provede geometrické slícování, tzv. registraci, pomocí metody odhadu optického toku. Výsledkem registrace je informace o posunu každého pixelu ROI. V případě, že registrace proběhne úspěšně, nejsou viditelné výrazné posuny v ROI. Uživatel si může prohlédnout zaregistrované ROI a vyhodnotit úspěšnost registrace. Registrace pomocí optického toku pracuje ve třech volitelných režimech. Jedná se o elastickou, afinní transformaci nebo posun. Více o této vlastnosti je v sekci [popis parametrů](#). Na závěr funkce SR odhadne ROI s vysokým rozlišením ze vstupních ROI a informace optického toku. Míra zvýšení rozlišení je uživatelský parametr [SR faktor](#). Odhadnuté ROI o vysokém rozlišení je vloženo zpět do referenčního obrázku a tento výsledek je vrácen uživateli.

Vstup: seznam obrázků (např. snímky videa uložené jako samostatné obrázky) nebo video (lze pracovat i s prokládaným videem)

Výstup: vylepšený obraz

Parametry

Funkce používá 5 parametrů: 1 pro výběr typu vstupního videa, 1 pro nastavení typu geometrického slícování, 3 pro vlastní SR.

Řádkování - [neprokládané x půlsnímky x prokládané] Typ vstupních snímků. Pro snímky z neprokládaného videa nebo statické fotografie, vybereme [neprokládané], což je implicitní volba. V případě, že video je prokládané, vybereme volbu [prokládané]. Snímky se automaticky rozdělí na půlsnímky a SR modul bude schopen odstranit efekty prokládaného videa. V některých případech mohou videa z bezpečnostních kamer obsahovat pouze jeden typ půlsnímků (liché nebo sudé). V takovém případě vybereme volbu [půlsnímky] a SR modul automaticky dopočetá chybějící řádky, aby měl výsledek správný poměr stran.

Transformace - [elastická x afinní x posun] Typ geometrické transformace, která bude použita na registraci vstupních ROI. Elastická je nejobecnější a dovoluje libovolný posun každého pixelu. Afinní transformace je lineární a předpokládá kombinaci posunutí, rotace, změny měřítka, zrcadlení a zkosení. Posun je nejvíce omezující, protože předpokládá, že jednotlivé vstupní obrázky jsou pouze vzájemně posunuté.

Faktor SR - udává o kolik bude vyšší rozlišení výsledného obrázku oproti vstupním obrázkům. Povolené hodnoty faktoru jsou 1 (rozlišení původní), 2 a 3. Například, mají-li vstupní obrázky velikost 1000x1000 pixelů a faktor SR je 2, tak výsledný obrázek bude 2000x2000 pixelů. SR faktor 1 nezvyšuje fyzické rozlišení obrázku, ale ostatní funkce algoritmu, jako je doostření a odstranění šumu, budou provedeny.

Hladkost SR - hladkost výstupního obrázku. Hodnota tohoto parametru je ovlivněna množstvím šumu ve vstupních ROI a mírou nepřesnosti optického toku. Malá hodnota hladkosti zachovává detaily v obraze, ale i drobné nepřesnosti v registraci pomocí optického toku způsobí rušivé artefakty ve výsledku. Velká hodnota hladkosti zakryje nepřesnosti registrace a šum v obraze, ale výsledný obrázek ztrácí požadované množství detailů.

Míra doostření - míra doostření výsledku. Hodnota tohoto parametru nastavuje velikost rozmazání ve vstupních obrázcích. Příliš velká hodnota může způsobit rušivé artefakty ve výsledku.

Pomocné struktury

Nejsou.

Omezení

Oblast zájmu (ROI) nemůže být příliš malá (méně než 20x20 pixelů), aby bylo dost informace pro výpočet optického toku. Všechny ROI musí být stejně velké. Objekty v nich by měly být podobných rozměrů a podobně umístěny. SR může pracovat i na jednom obrázku.

Doporučení

Smysluplný maximální SR faktor je závislý na počtu vstupních ROI. Platí vztah, počet vstupních ROI $\geq (\text{SR faktor})^2$. Je-li například žádaný SR faktor 2, pak by měly být k dispozici alespoň 4 vstupní obrázky. V případě SR faktoru 3, je potřeba 9 obrázků. Je-li obrázků méně funkce SR nemusí poskytovat optimální výsledky.

Příklady použití

Základní postup při práci s funkcí SR:

1. Načtení sekvence obrázků. Prohlížet sekvenci lze pomocí kláves CTRL+[levá šipka] a CTRL+[pravá šipka].



Obr. 1: Vstupní sekvence

2. Výběr oblasti zájmu (ROI). Pomocí CTRL+[levé tlačítko myši] lze kreslit a posouvat ROI. V dalších obrázcích se ROI vybírá pomocí CTRL+[klik] do středu oblasti zájmu. Pokud je potřeba, lze již zadanou ROI posunout CTRL+[klik]+[posun myši], případně zrušit CTRL+[klik mimo ROI]. ROI ve všech obrázcích by měla přibližně ohraničovat stejný objekt zájmu. Pouze obrázky, v kterých je ROI vybrána, budou použity ve výpočtu SR.



Obr. 2: Vstupní sekvence zvolených ROI

3. Výpočet. Zvolíme jednu ze 3 možných transformací: elastická, afinní, posun; optimální hodnotu hladkosti SR a ostatní parametry a nalistujeme snímek (CTRL+[šipky]), který chceme vylepšit. Finální výpočet SR se provede stisknutím tlačítka *Vypočti*. Po ukončení výpočtu se zobrazí interpolovaný obrázek, ve kterém bude odhadnutá SR ROI vložena. Změnou nastavení nebo výběrem jiného obrázku můžeme spustit výpočet znovu opětovným stisknutím tlačítka *Vypočti*.



Obr. 3: Výstupní SR obrázek (vlevo) a detail ROI pro různou hladkost

4. Odhalení chyb. Program umožňuje rychlé přepínání mezi vstupními a výstupními SR obrázky výběrem přepínače *Vstupy* nebo *Výstupy*. Pokud vykazuje výsledek chyby (Obr. 4 vlevo), má uživatel možnost vizuálně zkontrolovat přesnost výpočtu optického toku tím, že přepne zobrazení na *Slicování* a prochází si sekvenci zregistrovaných ROI. K procházení sekvence se používají tlačítka *Předchozí* a *Další* (alternativně klávesové zkratky CTRL+[levá šipka] a CTRL+[pravá šipka]). Pokud nejsou všechna ROI geometricky slicována a je zřejmé nějaké vychýlení (Obr. 4 vpravo), je nutné upravit výběr ROI nebo změnit režim optického toku, příp. úplně vyřadit chybný obrázek a opakovat výpočet. Tj. opakovat vše od [roku 2](#). Např. pouze nahrazení afinní transformace transformací elastickou výsledek viditelně zlepší (Obr. 4).



Obr. 4: Výsledek z chybně slicovaných obrázků

Obr. 5: Výsledek ze správně slicovaných obrázků



5. Zvolíme požadovaný faktor a hladkost SR. Finální výpočet SR se provede stisknutím tlačítka *Pokračovat*. Po ukončení výpočtu se zobrazí interpolovaný obrázek, ve kterém bude odhadnutá SR ROI vložena. Tlačítko *Zpět* nám dává možnost změnit nastavení parametrů SR a pustit výpočet znovu.

Práce s videem:

1. Práce s videem je z pohledu uživatele obdobná jako práce se sekvencí obrázků. Video po načtení do programu se zobrazí jako sekvence snímků a můžeme pak provádět stejné operace jako v předchozích příkladech. V případě, že se jedná o prokládané video nebo video obsahující pouze jeden typ pulsů, je nutné vybrat odpovídající přepínač v *Rádkování*.



Obr. 6: Ukázka prokládaného videa

2. Oblast zájmu: Vybereme obdobně jako v předchozím příkladu oblast zájmu.



Obr. 7: Vstupní prokládané video - ukázka jedné oblasti zájmu

3. Výpočet. Zvolíme parametry (v tomto případě je důležité zvolit řádkování *Prokládané*) a nalistujeme snímek (CTRL+[šipky]), který chceme vylepšit. Finální výpočet SR se provede stisknutím tlačítka *Vypočti*. Po ukončení výpočtu se zobrazí interpolovaný obrázek, ve kterém bude odhadnutá SR ROI vložena. Změnou nastavení nebo výběrem jiného obrázku můžeme spustit výpočet znovu opětovným stisknutím tlačítka *Vypočti*.



Obr. 8: Ukázka výsledku SR na prokládané video

Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).



6.2 Odšumování



Funkce
Odstranění šumu z obrazu. Lze tak zvýšit kvalitu obrazu bez použití časově náročnějších metod zvyšování rozlišení (SR).

Popis
Funkce odšumování generuje obraz s menším množstvím šumu bez přílišného vyhlazování detailů. Metoda vychází z odšumování pomocí wavelet.

Vstup: Analyzovaná fotografie.
Výstup: Odšuměná fotografie.

Parametry

Funkce používá 1 parametr určující míru vyhlazení.

Hladkost: [malá - střední - velká]

Pomocné struktury

Žádné.

Omezení

Žádné.

Doporučení

Doporučujeme začít se střední mírou vyhlazování a po vizuální kontrole výsledku tento parametr příslušně upravit.

Příklady použití

Základní postup při práci s funkcí odšumování:

1. Načtení obrazu ze souboru.
2. Nastavení síly odšumování.
3. Výpočet zahájíme stiskem tlačítka *Vypočti*. Postup výpočtu je zobrazen pomocí ukazatele pokroku.
4. Výpočet je možné opakovat s použitím jiné síly odšumování od bodu 2.

Tuto metodu používáme pro odstranění šumu či artefaktů v obrázcích uložených v jiných formátech než JPEG. Pro JPEG obrázky doporučujeme použít vždy metodu „Odstraňování JPEG artefaktů“. Parametr „Hladkost“ určuje jistý kompromis mezi odstraněním šumu a přílišným vyhlazením detailů. Na obrázku níže vidíme příklad odšumování na stupeň střední a vysoký a můžeme sledovat, jak se projeví na viditelnosti detailů.



Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

6.3 Odstraňování JPEG artefaktů

Funkce
Potlačení artefaktů z JPEG komprese. Lze tak zvýšit kvalitu obrazu.

Popis
Funkce odstraňování JPEG artefaktů odstraňuje artefakty, které se mohou objevit během silné JPEG komprese, přičemž zachovává výrazné hrany.

Vstup: Analyzovaná fotografie.

Výstup: Vyhlazená fotografie.

Parametry

Funkce používá 1 parametr určující míru vyhlazení.

Síla vyhlazování: [malá - střední - velká]

Pomocné struktury

Tato funkce neobsahuje žádné pomocné struktury.

Omezení

Žádné.

Doporučení

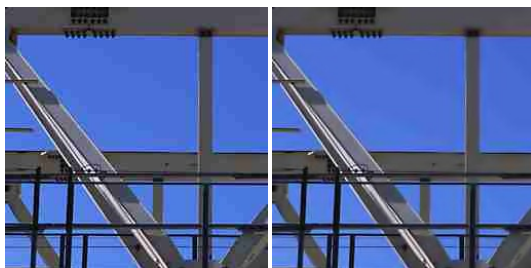
Doporučujeme začít se střední mírou vyhlazování a po vizuální kontrole výsledku tento parametr příslušně upravit.

Příklady použití

Základní postup při práci s funkcí odstraňování JPEG artefaktů:

1. Načtení obrazu ze souboru.
2. Nastavení síly vyhlazování.
3. Výpočet zahájíme stiskem tlačítka *Vypočti*. Postup výpočtu je zobrazen pomocí ukazatele pokroku.
4. Výpočet je možné opakovat s použitím jiné síly vyhlazování od bodu 2.

Odstraňování JPEG artefaktů použijeme pro obrázky uložené s velkým kompresním poměrem a tedy nízkou kvalitou. Artefakty se projevují především ve formě zubatých čar v jednobarevných plochách a podél silných hran. Na rozdíl od odšumování tento algoritmus bere v potaz způsob, jakým dochází ke ztrátě informace ve formátu JPEG. Lze ho použít i pro odšumování, ne však pro jiné, než JPEG obrázky. V některých případech může tato metoda např. zlepšit čitelnost textu více než běžné odšumování.



Grafická ukázka běhu modulu je v [Příloze 1](#).

7 Reporty

Aplikace PIZZARO podporuje tvorbu [reportů](#), zachycujících zvolené dosažené výsledky analýz dat. Report se vytváří ve formě HTML souboru a uživatel má možnost ovlivnit jeho obsah. Po spuštění každého z funkčních nástrojů se v pravé části aktivního okna dole zobrazí část, nazvaná Závěrečná zpráva. Zde je možno vložit jméno operátora, který provádí analýzu dat, případný komentář do volného pole k editaci textu a tlačítkem *Přidat do zprávy* se informace o provedení analýz na aktuálních datech a se zvoleným nástrojem uloží do výsledného reportu. Konkrétní obsah pro jednotlivé nástroje se liší podle jejich zaměření. Součástí reportu jsou případná vygenerovaná data, která jsou uložena ve stejném adresáři jako HTML soubor reportu.

9 O aplikaci

 Copyright UTIA 2012-2014
PIZZARO
Web: pizzaro.utia.cas.cz
Kontakt: pizzaro@utia.cas.cz
Verze 1.1.0
Financováno MV ČR VG20102013064

