

Aplikace obrazové fúze pro hledání vad

Marek Vajgl, Irina Perfilieva, Petr Hurtík, Petra Hoďáková

Národní superpočítačové centrum IT4Innovations
Divize Ostravské univerzity
Ústav pro výzkum a aplikaci fuzzy modelování
Ostrava, Česká republika

25. 9. 2013

Outline

- 1 Úvod do problematiky
- 2 Navrhovaná řešení založená na jednom zdrojovém obrazu
- 3 Navrhovaná řešení založená na více zdrojových obrazech
 - Fuzzy transformace
 - Shrnutí technik fúze
- 4 Klasifikace
- 5 Shrnutí

Aktuální stav

Oblast

Hodnocení kvality šperkových kamenů

- Poškození vzniklá vadou materiálu
- Poškození vzniklá v procesu výroby

Manuální ohodnocení kamenů

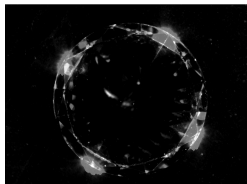
- Ohodnocení zajišťují experti
- Nutnost procházet všechny kameny \Rightarrow časová náročnost
- Experti nemají jasně stanovenou metriku ohodnocení \Rightarrow subjektivní vliv

Návrh řešení

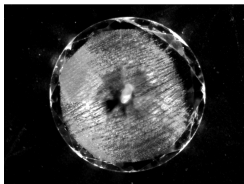
Nahradit manuální ohodnocení řešením automatizovaným

- Specifikace typů vad, které mohou být v kamenech nalezeny
- Způsob reprezentace kamene ve formě obrazu
- Způsob rozpoznání vady v obrazu kamene
- Klasifikace kamenů s ohledem na rozpoznané vady

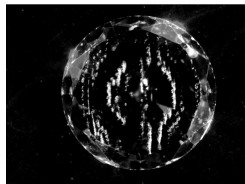
Zkoumané vady



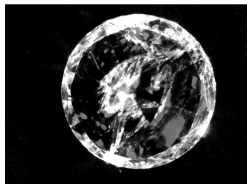
(a) dobrý



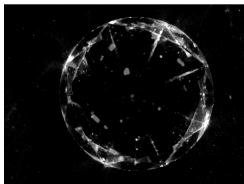
(b) nedoleštěný vršek



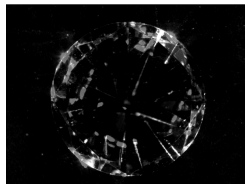
(c) poškrábaný vršek



(d) záprask



(e) nedoleštěný spodek

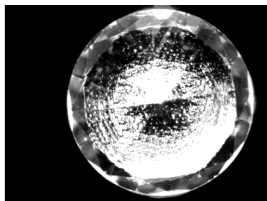
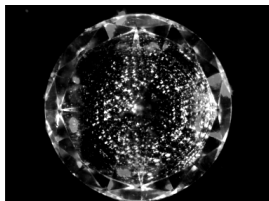
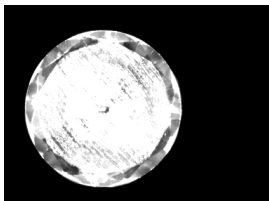


(f) poškrábaný spodek

Netrivialita klasifikace

Problematika vzhledu kamene

- Odlišný úhel natočení kamene → odlišná pozice světla vůči plochám → odlišné odlesky
- Stejná vada na různém kameni může vypadat výrazně odlišně



Zkoumaná řešení

Podle počtu vstupních obrazových dat

- Jeden zdrojový obraz
- Více zdrojových obrazů

Podle části zpracování

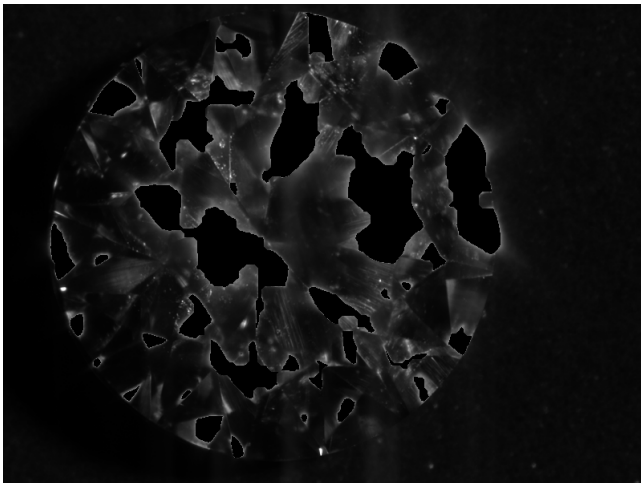
- Předzpracování obrazu
- Vlastní klasifikace

Jeden zdrojový obraz

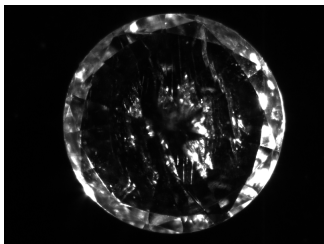
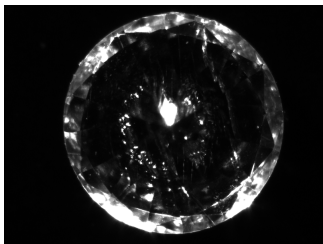
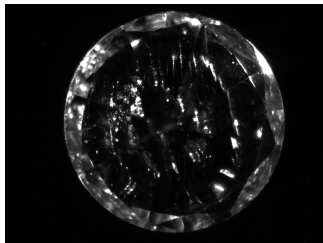
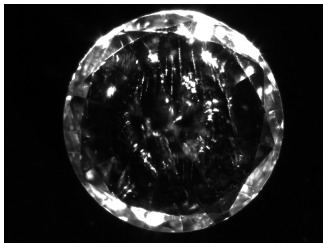
Řešené podúlohy

- Odstranění nežádoucích artefaktů podložky
- Odstranění nežádoucích odlesků kamene (flat reflections)
- Registrace kamene v obrazu

Jeden zdrojový obraz



Více zdrojových obrazů



Více zdrojových obrazů

Řešené podúlohy

- Odstranění nežádoucích artefaktů podložky
- Registrace kamene v obrazu
- Fúze do jednoho výsledného obrazu

Více zdrojových obrazů

Motivace k obrazové fúzi

Získat obraz, který v určitém ohledu poskytuje lepší charakteristiku než každý ze samostatných vstupních obrazů

Aplikované techniky obrazové fúze

- Primitivní techniky založené na jednoduchých aritmetických funkcích
- Fúze založené na F-transformaci
- Fúze založená na Łukasiewiczově algebře
- Další ad-hoc techniky

F-Transformace obecně

- **Původní funkce**

$$f : [a, b] \rightarrow [c, d]$$

- **Fuzzy rozklad** A_1, \dots, A_n

of $[a, b]$

- **Komponenty F-transformace**

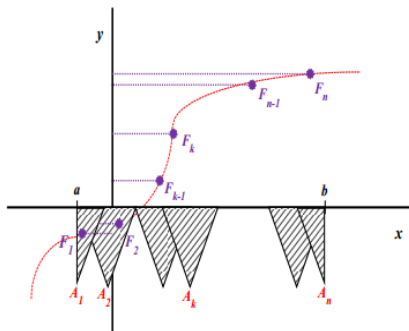
F_1, \dots, F_n

- **Transformace:** $f \Rightarrow \mathbf{F}_n[f]$

x	A_1	A_2	\dots	A_n
$\mathbf{F}_n[f]$	F_1	F_2	\dots	F_n

- **Výsledek:**

$$\mathbf{F}_n[f] = (F_1, \dots, F_n)$$



Diskrétní F-Transformace

Definice

Vektor reálných čísel (F_1, \dots, F_n) je **diskrétní F-transformace** f na daných bodech $x_1, \dots, x_l \in [a, b]$ w.r.t. A_1, \dots, A_n jestliže

$$F_k = \frac{\sum_{j=1}^l f(x_j) A_k(x_j)}{\sum_{j=1}^l A_k(x_j)}.$$

Definice

Inverzní F-transformace f :

$$f_{F,n}(x) = \sum_{k=1}^n F_k A_k(x)$$

Obrazová fúze založená na F-transformaci

Vlastnosti obrazové fúze s využitím F-transformace

- F-transformace odstraňuje z obrazu vysoké frekvence
- Inverzní F-transformace u_{nm} aproximuje původní funkci u na doméně P
- Reprezentace u na P , $\forall(x, y) \in P$:

$$u(x, y) = u_{nm}(x, y) + r(x, y)$$

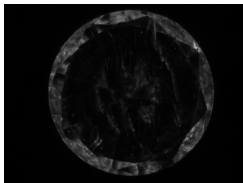
$$r(x, y) = u(x, y) - u_{nm}(x, y)$$

Obrazová fúze založená na F-transformaci

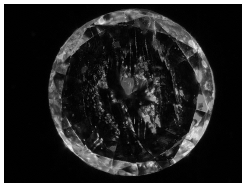
Základní princip

- Aplikace přímé a inverzní f-transformace na u_i pro výpočet u_{inm} , $i = 1, \dots, 4$
- Výpočet reziduí $r_i = u_i - u_{inm}$
- Výpočet u_* jako fúze u u_{inm} a r_\diamond jako fúze z r_i ($i = 1, \dots, 4$) s využitím speciálních operátorů \star, \diamond
- Získání výsledného obrazu $u_{fus} = u_* + r_\diamond$
-
- Speciální operátory jsou typicky reprezentovány aritmetickými operacemi (průměr, kumulativní průměr, minimum, maximum)

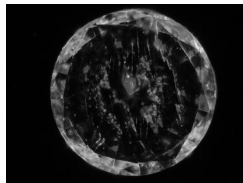
Shrnutí technik fúze



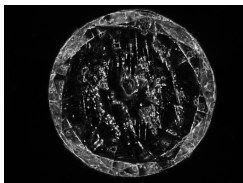
(k) Nevhodný fúzovací algoritmus



(l) Fúze s využitím fuzzy transformace



(m) Fúze s využitím aritmetického průměru



(n) Fúze založena na Łukasiewiczově algebře

Shrnutí technik fúze

Title	Sum	Variance	Time
Originální fotografie	9 882 787	1 668,06	—
F-T (cmmean,max)	740 594	6,98	12,3
F-T (mean, max)	1 131 352	8,32	12,3
Mean	733 170	5,85	0,3
Minimum	5 178 240	330,38	0,1
Łukasiewicz	1 010 346	12,35	2,7

Table : Porovnání charakteristik a časů vybraných fúzovacích algoritmů

Shrnutí technik fúze - závěr

- Čas je nejvýznamnější faktor v celém řešení
- Zkoumané techniky fúze částečně řeší eliminaci artefaktů podložky
- Zkoumané techniky fúze řeší problematiku *flat reflections*

Klasifikace vad kamene

Na existujících přístupech

- Primitivní porovnání obrazu
- Detekce kružnic založená na Houghově transformaci
- Použití entropie a metrik podobnosti
- Řešení založené na Scale-invariant feature transform

Na základě charakteristik

Ze zdrojového obrazu vytvořena množina charakteristik reprezentující původní obraz a následná klasifikace dle charakteristik

- Vlastní řešení založené na rozhodovacím stromu
- Řešení založené na technikách strojového učení

Porovnávané metody

Metody brány ze sw *R* a balíčku *caret*

- Random forests
- Generated linear model
- Recursive partitioning
- Boosted trees + other boosted models
- Neural networks
- Partial least squares
- Support vector machines
- K nearest neighbor

Testovací sady

- D_1 - 60 kamenů, stejná velikost (3mm), 54 různých modelů
- D_2 - 177 kamenů, různé velikosti (1.5–3mm), 92 různých modelů

Výsledky porovnání – přesnost

Metoda	D_1 6c.	D_1 2c.	D_2 6c.	D_1 2c.
vlastní	0.862	0.983	0.674	0.943
rf	0.833	0.983	0.740	0.960
parRF	0.833	0.983	0.734	0.960
RRFglobal	0.833	0.983	0.723	0.960
nnet	0.367	0.850	0.441	0.955
cforest	0.817	0.933	0.706	0.944
ctree2	0.467	0.883	0.531	0.938
avNNet	0.417	0.900	0.514	0.938
svmRadialCost	0.767	0.967	0.497	0.938
knn	0.583	0.933	0.508	0.932
svmLinear	0.833	0.950	0.480	0.802

Výsledky porovnání – rychlost (s)

Metoda	D_1 6c.	D_1 2c.	D_2 6c.	D_1 2c.
vlastní	< 1	< 1	< 1	< 1
knn	2.0	2.4	2.0	2.0
RRFglobal	2.4	2.8	3.2	2.8
rf	2.4	2.8	4.0	3.2
parRF	2.8	2.8	2.8	3.2
rpart	3.2	3.2	4.0	3.2
nnet	3.2	4.0	3.6	3.6
glmnet	22.0	6.4	21.6	5.6
ctree2	6.8	7.6	7.2	7.6
cforest	15.2	10.8	22.0	12.0
svmRadialCost	8.8	2.8	10.0	12.4

Shrnutí

Shrnutí

- Představeno řešení pro automatickou klasifikaci ověřené porovnáním s existujícími modely
- Dosažena požadovaná přesnost s udržením časových požadavků
- V současné době finalizace řešení pro průmyslové řešení

Budoucí práce

- Rozšíření pro nové vady / dynamické přizpůsobení typům vad
- Rozšíření implementace pro průmyslové použití