

DERICHE EDGE DETECTOR

Zbyšek Němec

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xnemec48@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Adam Herout

E-mail: herout@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper presents the Deriche edge detector as an interesting alternative to the commonly used edge detectors. The Deriche edge detector's design is presented to the reader as well as its strengths and weaknesses. Performance issues of the Deriche edge detector are described in comparison with the Canny edge detector together with recommendations for using the Deriche detector.

Keywords: edge detection, Deriche edge detector, IIR, CUDA, OpenCV, Canny edge detector

1. ÚVOD

Detekce hran v obraze je jednou z nejčastějších operací počítačového vidění, se kterou se můžeme setkat a kterou se vědci zabývají již více než tři desetiletí. Mnohé vědecké studie již prokázaly, že pro zrakové vnímání vyšších organismů jsou v obraze důležitá především místa, kde dochází k prudké změně jasu, tedy hrany. Detekce hran se hojně využívá v algoritmech pro analýzu a segmentaci obrazu, rekonstrukci scény, sledování pohybu objektů, ale také například i v medicínských aplikacích. Tento článek se zabývá rozborem vlastností a popisem Derichova detektoru hran, který je často v našich končinách neprávem opomíjen.

2. DERICHŮV HRANOVÝ DETEKTOR

Derichův hranový detektor je vícekrokový algoritmus pro získání optimálního výsledku při detekci hran v diskrétním dvourozměrném obraze. Tento algoritmus se ve velké míře inspiroval Cannyho hranovým detektorem [1] a přebírá z něj jednotlivé kroky hranové detekce, kterými jsou:

1. *Eliminace šumu*
2. *Výpočet magnitudy a směru gradientu*
3. *Nalezení lokálních maxim*
4. *Prahování s hysterezí (pomocí dvou prahů)*

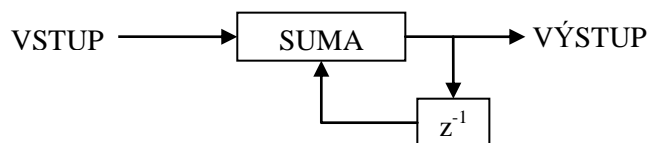
Zároveň také klade důraz na optimální kritéria pro hranový detektor navrhnutá Johnem F. Cannyem:

- *Kvalita detekce* – musí být nalezeny všechny hrany v obraze, a naopak nesmí být za hrany označeny ty části obrazu, které jimi nejsou.
- *Přesnost* – nalezené hrany musí být tak blízko skutečné hraně v obraze, jak je to jen možné.
- *Jednoznačnost* – nalezená hrana v obraze je označena jako hrana pouze jednou, nesmí docházet ke vzniku vícenásobné odezvy na jednu hranu.

2.1. ZAJÍMAVOSTI DERICHOVA DETEKTORU

Zajímavost Derichova hranového detektoru se skrývá především v jeho implementaci prvních dvou kroků algoritmu. Zatímco ostatní detektory hran používají pro vyhlazování obrazu a výpočet magnitudy FIR filtry, Derichův detektor používá IIR filtr. IIR filtry se od klasických FIR filtrů liší tím, že k vyhodnocení výsledků používají nejen vstupní hodnoty, ale také několik předcházejících hod-

not výstupních, které jsou realizovány pomocí zpětnovazební smyčky. Ukázka jednoduchého IIR filtru je uvedena na obrázku 1.



Obrázek 1: Jednoduchý IIR filtr s jednou zpětnovazební smyčkou.

Rachide Deriche při návrhu filtru pro svůj hranový detektor hledal takový filtr, který by optimalizoval Cannyho kritéria. Jak dokázal ve své práci [2], takovýto optimální filtr bude mít tvar:

$$f(x) = \frac{S}{\omega} e^{-\alpha|x|} \sin \omega x \quad f(x) = \frac{S}{\omega} e^{-\alpha|x|} \sin \omega x \quad (1)$$

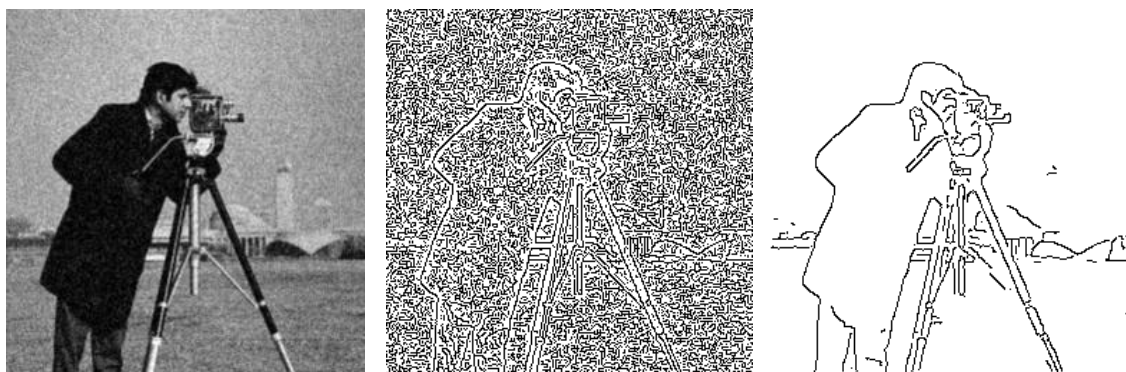
Na základě svých vlastností se tento filtr stal základním kamenem Derichova detektoru. Podobně jako u Cannyho detektoru i zde existuje parametr, konkrétně α , jehož změnou můžeme přizpůsobit filtr podle vlastností zpracovávaného obrazu buď ve prospěch lepší detekce, pokud je hodnota α malá (pro obraz zatížený šumem se doporučuje hodnota parametru α v rozmezí 0.25 až 0.5), nebo naopak ve prospěch lokalizace, kdy se pro normální obrázky doporučuje $\alpha \approx 1$.

2.2. KLADY A ZÁPORY

Díky použití IIR filtru má Derichův detektor velkou výhodu především v případech, kdy je zpracováván obraz zatížený šumem či je potřeba provádět vyhlazení obrazu filtrem s velkým konvolučním jádrem. V těchto případech dochází k poklesu výkonu u hranových operátorů využívajících FIR filtr, jako je např. Cannyho detektor, naopak Derichův detektor je schopen zpracovat obraz v konstantním krátkém čase nezávislém na požadovaném množství vyhlazení.

Koncepce IIR filtru však nese i jistá negativa, a to především v podobě velké výpočetní náročnosti, která podle mě zabránila tomu, aby se tento algoritmus v době svého vzniku masivně rozšířil. Pokud bychom měli srovnat výkonnost s již zmiňovaným Cannyho detektorem, tak standardní implementace je několiknásobně pomalejší.

Vzájemná nezávislost zpracovávaných řádků (respektive sloupců), která vyplývá z popisu implementace algoritmu [3], tedy směřuje k použití Derichova detektoru na vestavěných systémech či architekturách umožňujících vysoký stupeň paralelizace, jako je např. NVIDIA CUDA.



Obrázek 2: (Zleva) Originální obraz zatížený Gaussovým šumem, výsledek po použití Cannyho detektoru hran s jádrem 3x3, výsledek po použití Derichova detektoru hran. Obě metody hranové detekce používají stejnou velikost dolního i horního prahu.

3. SROVNÁNÍ S CANNYHO HRANOVÝM DETEKTOREM

V rámci této práce jsem se zaměřil především na ověření výkonnosti Derichova detektoru ve srovnání v současnosti nejpoužívanějším Cannyho hranovým detektorem, konkrétně jeho implementací v knihovně OpenCV (= volně dostupná knihovna obsahující široké spektrum metod používaných v počítačovém vidění) při velikosti konvolučních jader 3x3 a 7x7. K tomuto účelu jsem vytvořil implementace Derichova detektoru v jazyce C++ a pro platformu CUDA. Srovnání výkonnosti jsem provedl pro 3 nejrozšířenější rozlišení používané webovými kamerami pro obraz bez šumu a obraz zatížený Gaussovým šumem. Pro oba detektory jsem použil stejné nastavení prahů, a to hodnotu 40 pro dolní práh a 120 pro práh horní, parametr α Derichova detektoru byl nastaven na hodnotu 1.

	640x480 bez šumu	800x600 bez šumu	1280x720 bez šumu	640x480 s šumem	800x600 s šumem	1280x720 s šumem
Canny C++ (3x3)	27 ms	42 ms	78 ms	30 ms	46 ms	89 ms
Canny C++ (7x7)	47 ms	72 ms	139 ms	49 ms	76 ms	145 ms
Deriche C++	59 ms	92 ms	180 ms	59 ms	92 ms	181 ms
Deriche CUDA	31 ms	36 ms	50 ms	31 ms	35 ms	51 ms

Tabulka 1: Srovnání výkonnosti Derichova a Cannyho hranového detektoru.

Jak je patrné z tabulky 1, C++ implementace Derichova detektoru je přibližně 2x pomalejší než Cannyho detektor, což je dáno již zmíněnými zvýšenými výpočetními nároky. Použitím platformy CUDA pak získáme výsledky, v závislosti na velikosti zpracovávaného obrazu, 2x – 3,5x rychleji. Tento test také prokázal, že doba zpracování obrazu Derichovým detektorem je nezávislá na přítomnosti šumu.

4. ZÁVĚR

Derichův hranový detektor je velmi zajímavou alternativou ke Cannyho hranovému detektoru. Vyniká především v případech, kdy je zpracovávaný obraz zatížený šumem. Jeho nevýhodou je poměrně velká výpočetní náročnost, jejíž dopad lze omezit použitím na architekturách podporujících vysoký stupeň paralelizace. V tomto případě je možné dosáhnout výsledků umožňujících zpracování obrazu v reálném čase.

Na základě této práce byla vytvořena wikipedická stránka (http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Deriche_edge_detector), která pojednává o Derichově detektoru. Obě dvě vytvořené implementace Derichova detektoru byly upraveny tak, aby odpovídaly standardům OpenCV, a byly odeslány k posouzení za účelem začlenění do této knihovny.

V současnosti se zabývám implementací robustní techniky pro subjektivní posouzení kvality hranových detektorů [4], kterou použiji ke srovnání Derichova a Cannyho detektoru.

REFERENCE

- [1] Canny, J.: A Computational Approach To Edge Detection, In: IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6), 1986.
- [2] Deriche, R.: Using Canny's Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector. In: International Journal of Computer Vision, 1(2) 1987, s. 167-187.
- [3] Sirdey, R.: A gentle introduction to the Deriche Optimal Edge Detector: In: Éditions des Nik's News, 1998.
- [4] Heath, M., Sarkar S., Sanocki, A. T., Bowyer, K. W.: A Robust Visual Method for Assessing the Relative Performance of Edge-Detection Algorithms, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 19 (12), 1338-1359, 1997.