**XXVIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE
IN GEODESY AND RELATED FIELDS**

Sofia, 08 - 09 November 2018

**XXVIII МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
"СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБУЧЕНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА
ПРАКТИКА В ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ"**

София, 08 - 09 Ноември 2018

МЕТОДИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА РЪБОВЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОБЕКТИ С ПРАВИЛНА ФОРМА

Валентина Христова (BG)

РЕЗЮМЕ

Ефикасността при дистанционното изследване е в пряка зависимост от качеството на приложения метод за откриване на ръбове. Представянето и съпоставянето на възможните алгоритми дава възможност да се избере най-подходящия като се вземат под внимание факторите, които влияят на тяхното осъществяване. Положителните и отрицателните страни на методите са разгледани, за да бъде възможно резултатите от тях да бъдат съпоставени като предимства и недостатъци. Големият интерес към методите за откриване на ръбове се обяснява с факта, че именно те са в основата на постигането на други цели.

Ключови думи: дистанционно изследване, метод за откриване на ръбове, Canny, SUSAN

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Едни от първите методи за откриване на ръбове постигат слаб контрол, относно заглаждането и местоположението на самия ръб. Те използват маски, основаващи се на конволюция. Така се достига до стойност приблизително равна на първата производна на функцията на яркостта, с цел откриването и подчертаването на ръба [1], [2].

Най- масово прилаганият метод за откриване на ръбове при дистанционно изследване е метода на Canny [3]. В обсег на неговото изследване са и обединението на резултатите, получени при различни мащаби. В дадени моменти това води до значително по-добър краен резултат, но в други ефектът не е такъв и няма по-удовлетворяващи резултати от пряка суперпозиция между резултатите, получени при различни мащаби. Сходни аналитични подходи са представени в [4], [5]. Те всъщност са ефективни алгоритми, но резултатът от тях е силно доближаващ се до този от прилагането на метода на Canny.

Noble прилага математическа морфология, за да открие ръбове и двумерни структури в изображението, използвайки разнообразни морфологични операции [6]. Haralick предлага използването на нулевите пресичания на втората производна по посока на функцията на

яркостта [7]. Това е равнозначно на използването на максимума на първите производни по посока на функцията на яркостта. В едномерно пространство това е същото като филтъра Laplacian of Gaussian. Fleck описва използването на втората производна на функцията на яркостта в своя метод за откриване на ръбове [8].

Той представя различни продължения на резултата, обосновавайки се на нулевите пресичания. При прилагането на този метод възниква проблем с нереални открити ръбове. С цел да ги намали, Fleck борави с тест, който използва първите и третите производни. В своята същност методът ангажира с не малко изчислително време и не покрива очакванията на нашите нужди.

Друг метод за откриване на ръбове е SUSAN (*smallest univalue segment assimilating nucleus)* [9].

2. МЕТОДИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА РЪБОВЕ

Методите, използвани за откриване на ръбове при дистанционно изследване се основават на откриването на големи промени във функцията на яркостта, които се проявяват в малки области на дадено изображение. В голяма част от случаите се работи с малък на брой доказали се методи за откриване на ръбове, като метода за откриване на ръбове на Canny се счита за един от най-известните. В настоящата работа ще се сравнят два метода за откриване на ръбове при дистанционно изследване: Canny и SUSAN. В следващите редове е събрано резюмирано описание на двата метода за откриване на ръбове:

2.1. Метод за откриване на ръбове на Canny

Алгоритъмът лесно може да бъде обобщен в шест стъпки:

1. Размазване на изображението чрез филтър на Гаус с точно определена вариация σ^2.
2. Изчисляване на крайната разлика на производната на функцията на яркостта в посоките X и У, за да се получи приближението на производната функция по посоки G_x и G_y.
3. Да се изчисли размера на големината на самия ръб като $G = \sqrt{\left(G_x^2 + G_y^2\right)}$ и посоката на ръба $\Theta = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$, $G_x \neq 0$.
4. Посоката на градиента на всеки пиксел се дискретизира в един от осем възможни сектора.
5. Необходимо е изтъняване на големината на ръба до един пиксел. Това става възможно чрез разглеждане на един пиксел, принадлежащ на ръба. Той има съседи, чиито градиент също е дискретизиран. При условие, че стойността на дискретизирания градиент на съседите му не е строго по-малък от дискретизирания градиент на пиксела тези съседи се премахват. Така дължината на ръба G достига минимален размер.
6. По време на обработката се прилага хистерезис с цел устойчивото откриване на ръба. Ако големината на градиента на функцията на яркостта на даден пиксел превишава дадена прагова стойност $T_{\text{висока}}$, то този пиксел се причислява към тези, принадлежащи на ръба. Всички негови съседи се проследяват и обозначават като част от ръба но големината на градиента на функцията на яркостта им остава по-ниска от прагова стойност $T_{\text{ниска}}$.

Алгоритъмът на Canny дава като краен резултат растерна графика, съставена от пиксели, принадлежащи към ръба, чиято посока е Θ, за всеки един от тези пиксели.

2.2. Метод за откриване на ръбове – SUSAN

Алгоритъмът следва да се обобщи накратко отново с шест стъпки:

1. Обект на внимание стават всички пиксели от изображението, но се работи само с един от тях. След това се преминава към следващия.
2. Прилага се маска около избрания пиксел, който се приема за ядро.
3. Изчисляват се броя на пикселите, намиращи се в областта на маската, които имат сходна яркост I с ядрото. За тази цел се използва уравнението $c(\vec{r},\vec{r}_0) = e^{-\left(\frac{I(\vec{r})-I(\vec{r}_0)}{t}\right)^8}$.

$$R(\vec{r_0}) = \begin{cases} g - n(\vec{r_0}), \text{ако } g > n(\vec{r_0}) \\ 0, \text{в противен случай} \end{cases}$$

4. Прилага се , където g е определена прагова стойност, n са общия брой пиксели, намиращи се в маската, а $R(\vec{r}_0)$ са първоначалния брой пиксели, принадлежащи на ръба. Така колкото по-малка област се изследва, толкова по-голям ще бъде ефективността от тази стъпка.
5. Определя се посоката на ръба.
6. При необходимост се прилага изтъняване и други.

3. СРАВНЕНИЕ ПО КРИТЕРИИ, ОПРЕДЕЛЯЩИ КАЧЕСТВОТО НА МЕТОДИТЕ ЗА ОТКРИВАНЕ НА РЪБОВЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ

Следва да се спомене, че посочените до момента методи не са подходящи при обработване на изображения, съдържащи области, представляващи интерес при обработката, които са по-малки от 5x5 метра. Такива области, обект на интерес, са най-често с ширина и дължина от няколко пиксела.

Четири са основните критерии при откриване на ръбове [10]:

1. Трябва да има минимален брой недействителни негативи и/или позитиви (критерий за откриване).

2. Местоположението на ръба трябва да е възможно най-близко до истинското (критерий за местоположение).

3. Нужен е само един резултат, за да се открие единичен ръб (критерий за идентичност).

4. Алгоритъмът трябва да е достатъчно бърз, за да бъде използван в система за обработка на изображения (критерий за скорост)

Първият и вторият критерии са задължителни и те не могат да бъдат подлагани на компромиси. При подобно разглеждане, един бърз алгоритъм, покриващ тези изисквания ще бъде предпочетен пред по-бавния, който съответно също оптимизирано ги изпълнява.

Ограниченията на метода на Canny за откриване на ръбове са следните:

1. Резултатът е бинарен. Има случай, в който е необходимо да се определи колко един ръб се определя като ръб, т.е. изображение, показващо интензивността, основаващо се на амплитудния метод на Sobel за откриване на ръбове.

2. Броят на параметрите води до голям брой комбинации, които трябва да се проиграят, за да се наблюдава съвсем малко по-добър резултат. Големият брой параметри се среща и при други методи за откриване на ръбове.

3. Размера на ядрото на гаусиана може да се окаже определящ за определянето на местоположението на ръбовете. В дадени случаи може да се загубят и самите ръбове.

4. Пикселите, разположени в ъглите, които имат грешна посока, спрямо посоките на техните съседи води до оставане на отворени ръбове и липсващи свързващи точки или линии между самите ръбове.

Последното ограничение не съществува при метода за откриване на ръбове SUSAN. Той свързва ръбовете по-добре, а свързващите точки или линии между самите ръбове имат стабилна връзка.

Методът за откриване на ръбове SUSAN се препоръчва, в случаите когато изображенията са с доминиращо изразен шум или структурата им е фина. Следва да се

спомене, че методът за откриване на ръбове SUSAN е из основи различен от други подобни методи, тъй като той увеличава нивото на сигнал/шум.

Още едно водещо значение е, че алгоритъма не изчислява и не използва производните на функцията, а използва самата функция на яркостта на всеки един пиксел от изображението.

Може да се направи заключение, че този метод не изисква значително изчислително време и се вписва в нуждите на потребителя, който има нужда от оптимално количество и качество информация в рамките на оптимизираното изчислително време.

4. ПРИМЕРИ

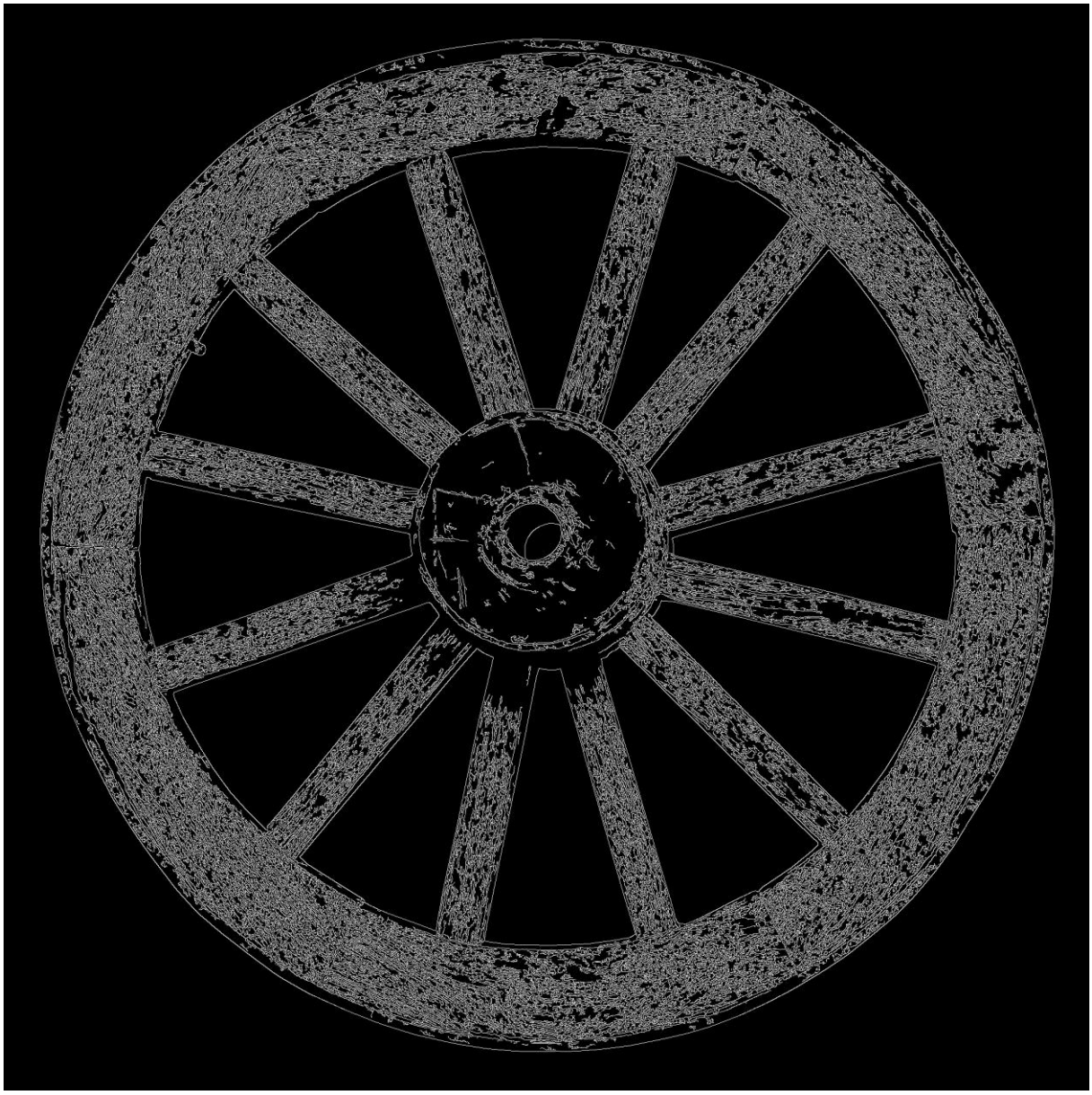
На фигура 1 е представено оригиналното изображение [11].

Фигура 1. Оригинално изображение

В приложения метод на Canny върху оригиналното изображение се отчита наличието на прекомерно изразен шум и нежелани смущения, които както е видимо при обработка със SUSAN не са изразени и дори изцяло отсъстват.

Това е в резултат на факта, че SUSAN използва интегрален подход за формиране на приблизителните стойности. Водещо предимство, базиращо се на този факт е, че методът открива двуизмерни характеристики (ъгли) без наличие на затруднение.

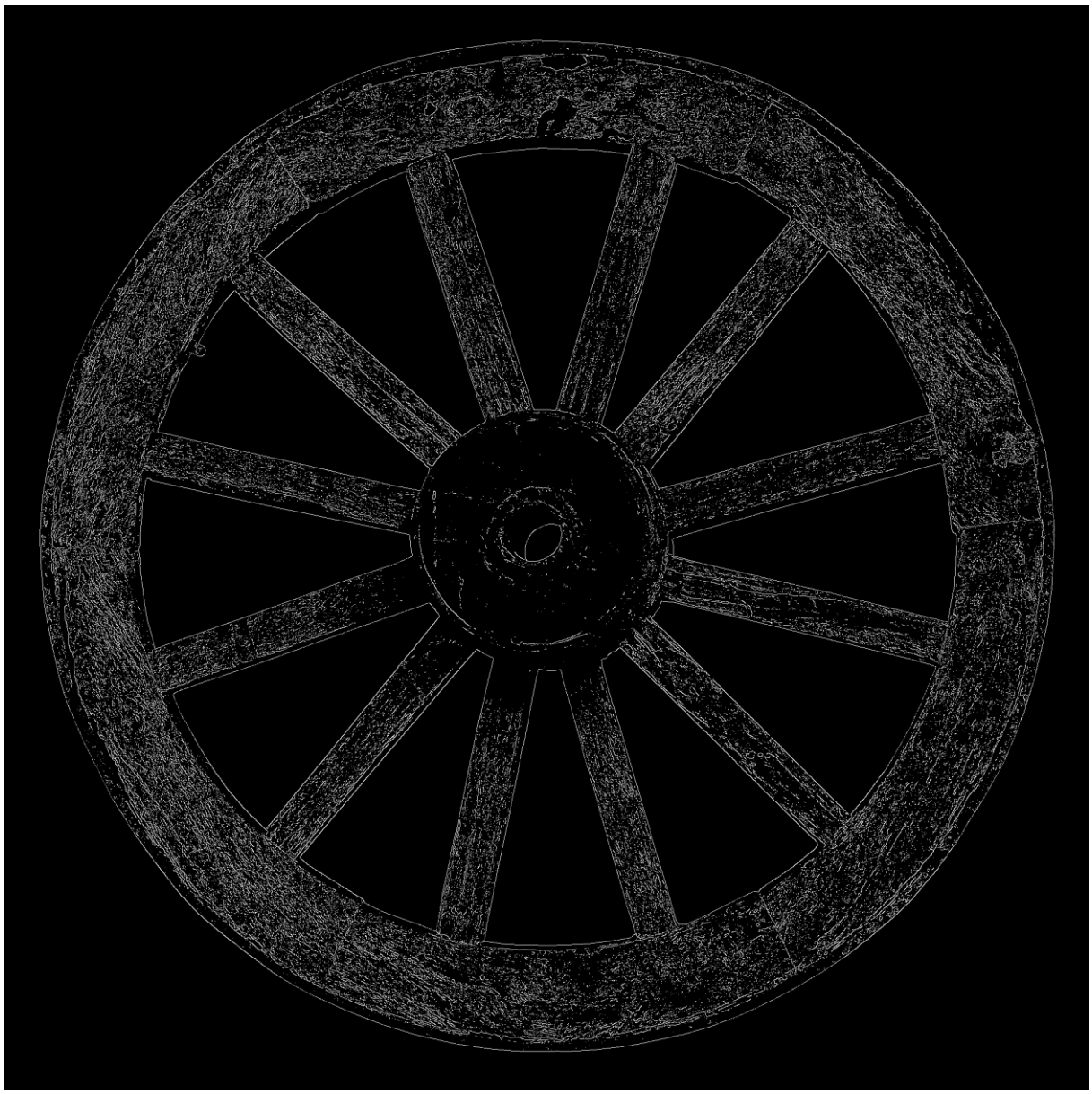
На фигура 2 е показан резултата от метод на Canny върху оригиналното изображение при $T_{\text{висока}}$=300 и $T_{\text{ниска}}$=100. Отношението 3:1 между двете граници е съществено и оптимално.



Фигура 2. Метод на Canny за откриване на ръбове

На фигура 3 е представен резултата от метода за откриване на ръбове SUSAN при максимум 5000 броя ръбове, граница на яркостта 40 и вариант на метода 3x3 размер на ядрото.

В идеалния случай прилагането на SUSAN ще представлява свързана крива или криви, които отчитат границите на обектите и отчитат повърхностната ориентация на тези промени. Следователно, прилагането на алгоритъм за откриване на ръбове SUSAN върху изображението може значително да намали обема на данните, които да бъдат обработени впоследствие и по този начин служи като филтър, с който да се премахне информацията, която се счита за пренебрежима, но запазвайки важните структурни характеристики на изображението.



Фигура 3. Метод за откриване на ръбове SUSAN

5. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

SUSAN открива ръбовете в изображенията детайлно, точно и за кратко време. Резултатите са действителни и положителни. Определянето на местоположението на характеристиките на обекти не се влияе от размера на маската. Нивото на сигнал/шум е високо. Свързването на ръбове и линии на пътните възли е добро.

Принципът на SUSAN може да се разглежда като носещ резултати начин за намиране на характеристиките на обекти с помощта на локална информация. Още едно предимство на избрания метод е, че шумът, има тенденция към по-слабо влияние върху точността на резултатите.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] J.M.S. Prewitt. Object enhancement and extraction. In B.S. Lipkin and A. Rosenfeld, editors, *Picture Processing and Psychopictorics*. Academic Press, 1970

[2] I. Sobel. An isotropic 3x3 image gradient operator. In H. Freeman, editor, *Machine Vision for Three-Dimensional Scenes*, pages 376--379. Academic Press, 1990.

[3] J.F. Canny. Finding edges and lines in images. Master's thesis, MIT, Cambridge, USA, 1983.

[4] R. Deriche. Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector. *Int. Journal of Computer Vision*, 1(2):167--187, 1987.
[5] J. Shen and S. Castan. An optimal linear operator for step edge detection. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 54(2):112--133, March 1992.
[6] M.M. Fleck. Spectre: an improved phantom edge finder. In *Proc. 5th Alvey Vision Conference*, pages 127--132, 1989.
[7] R.M. Haralick. Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 6(1):58--68, January 1984.
[8] M.M. Fleck. Spectre: an improved phantom edge finder. In *Proc. 5th Alvey Vision Conference*, pages 127--132, 1989.
[9] S. M. Smith and J. M. Brady (May 1997). "SUSAN – a new approach to low level image processing". *International Journal of Computer Vision* **23** (1): 45–78. doi:10.1023/A:1007963824710
[10] J.F. Canny. A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6):679--698, November 1986
[11] https://viralfex.com/wp-content/uploads/2017/02/accient-wheel-invention-1.jpg

АВТОР:

гл. ас. Валентина Христова
ВТУ „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158
0889369709
astronomer@abv.bg