

СРАВНЕНИЕ НА МЕТОДИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА РЪБОВЕ ПРИ ДИСТАНЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Валентина Христова, Дойно Петков
astronomer@abv.bg, dpetkov@stil.bas.bg

ВТУ „Т.Каблешков“
ул. „Гео Милев“ №158, 1574 София
БЪЛГАРИЯ

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

Резюме: Ефикасността при дистанционното изследване на пътната инфраструктура зависи от качеството на използвания метод за откриване на ръбове. Разглеждането на възможните алгоритми дава възможност да се избере най-подходящия като се определят факторите, които влияят на тяхното осъществяване. Положителните и отрицателните страни на методите са разгледани с цел да се преценят резултатите от тях като предимства и недостатъци. Интересът към методите за откриване на ръбове се основава на факта, че те са в основата на постигането на други цели.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Някои от най-ранните 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-широко използваният метод за откриване на ръбове при дистанционно изследване е метода на Canny [3]. Той изследва и обединението на резултатите, получени при различни мащаби. В някои случаи това подобрява крайния резултат, а в други не дава по-добри резултати от пряка суперпозиция между резултатите, получени при различни мащаби. Подобни аналитични подходи са разгледани в [4], [5]. Това са ефективни алгоритми, но резултатът от тях е много близък до този от прилагането на метода на Canny. Noble използва математическа морфология, за да открие ръбове и двумерни структури в изображението, използвайки различни морфологични операции [6]. Haralick предлага използването на използването на нулевите пресичания на втората производна по посока на функцията на яркостта [7]. Това е еквивалентно 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 прилага различни продължения на резултата, основавайки се на нулевите пресичания. При прилагането на този метод възниква

проблем с нереални открити ръбове. С цел да ги намали, Fleck прилага тест, който използва първите и третите производни. Като цяло този метод изисква значително изчислително време и не отговаря на нашите нужди. Друг метод за откриване на ръбове е SUSAN (*smallest univalue segment assimilating nucleus*) [9].

2. МЕТОДИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА РЪБОВЕ

Методите 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. Най-често се борави с малък на брой доказали се методи за откриване на ръбове, като метода за откриване на ръбове на Canny се смята за един от най-известните. В текущата работа ще се сравнят два метода за откриване на ръбове при дистанционно изследване: Canny и SUSAN. Следва кратко описание на двата метода за откриване на ръбове.

2.1. Метод за откриване на ръбове на Canny

Алгоритъмът може да се обобщи в няколко 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 Y, 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 $G = \sqrt{(G_x^2 + G_y^2)}$ 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. Нужно е изтъняване на големината на ръба до един пиксел. Това се постига чрез разглеждане на един пиксел, принадлежащ на ръба. Той има съседни, чиито градиент също е дискретизиран. В случай, че стойността на дискретизирания градиент на съседите му не е строго по-малък от дискретизирания градиент на пиксела тези съседни се премахват. Така дължината на ръба G достига минимален размер.

6. При 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 съседни 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 растрерна 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 може да се обобщи в няколко стъпки:

1. Разглеждат се всички пиксели от изображението, но се работи само с един от тях. След това се продължава със 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

$$c(\vec{r}, \vec{r}_0) = e^{-\left(\frac{I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)}{t}\right)^8}.$$

4. Прилага се $R(\vec{r}_0) = \begin{cases} g - n(\vec{r}_0), & \text{ако } g > n(\vec{r}_0) \\ 0, & \text{в противен случай} \end{cases}$, 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 изгъняване и други.

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

Методите за откриване на ръбове не са подходящи за обработка на изображения, включващи области, представляващи интерес при обработката, които са по-малки от 5×5 метра. Такива области, представляващи 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)

Първите два са задължителни и с тях не бива да се правят компромиси. При такова разглеждане, един бърз алгоритъм, покриващ тези изисквания ще бъде предпочетен пред по-бавния, който също ги изпълнява.

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

1. Резултатът е бинарен. Понякога е нужно 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 проиграт, 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.

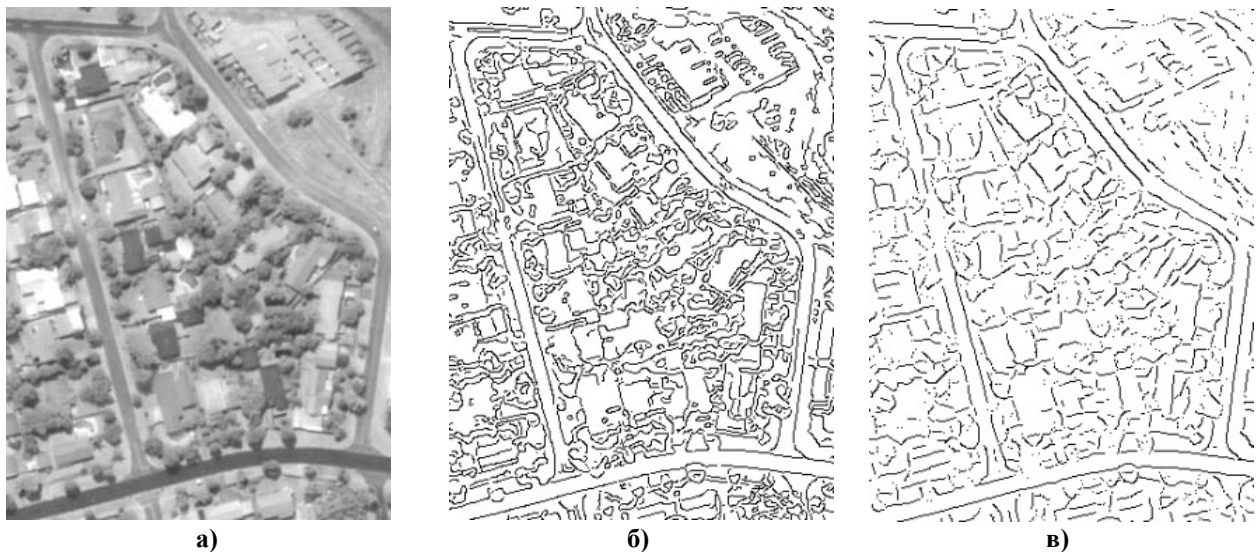
4. Пикселите, разположени в ъглите, които имат грешна посока, спрямо посоките на техните съседни води до оставане на отворени ръбове и липсващи свързващи точки или линии между самите ръбове.

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 сигурна връзка. Методът за откриване на ръбове SUSAN е подходящ,

когато изображенията са наситени с много шум или притежават фина структура. Самият метод за откриване на ръбове SUSAN е коренно различен от другите методи за откриване на ръбове, защото увеличава нивото на сигнал/шум. Друго съществено преимущество е, че алгоритъма не изчислява и не използва производните на функцията, а използва самата функция на яркостта на всеки един пиксел от изображението. Като цяло този метод не изисква значително изчислително време и отговаря на нашите нужди.

4. ПРИМЕРИ

На фигура 1 е представено оригиналното изображение-а), приложения върху него филтър на Canny-б) и SUSAN-в).



Фигура 1. а) Оригинално изображение на пътна инфраструктура; б) Метод на Canny за откриване на ръбове; в) Метод за откриване на ръбове SUSAN

В приложения метод на Canny върху оригиналното изображение се забелязва прекалено много шум и нежелани смущения, които при обработката със SUSAN липсват. Това е така, защото SUSAN използва интегрален подход за формиране на приблизителните стойности. Главно преимущество, базирано на този факт е, че метода открива двуизмерни характеристики (ъгли) без затруднение.

5. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

SUSAN открива ръбовете в изображенията точно и бързо. Определянето на местоположението на характеристиките на пътната инфраструктура е независимо 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 ефективен начин за намиране на характеристиките на пътната инфраструктура с помощта на локална информация. Друго предимство на този цялостен подход е, че шумът, има тенденция към по-слабо влияние върху точността на резултатите.

Характеристиките на пътната инфраструктура не са обекти на този тип на обработка на изображението.

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

COMPARISON OF METHODS FOR EDGE IN REMOTE SENSING OF ROAD INFRASTRUCTURE

Valentina Hristova, Doyno Petkov
astronomer@abv.bg, dpetkov@stil.bas.bg

Todor Kableshkov Transport University
158, Geo Milev str., 1574 Sofia
BULGARIA

Key words: *remote sensing, edge detection, Canny, SUSAN*

Abstract: *Efficiency in the remote sensing of road infrastructure depends on the quality of the method used to detect edges. Consideration of possible algorithms makes it possible to choose the most appropriate one by identifying the factors that influence their implementation. Positive and negative aspects of the methods are examined in terms to assess their results as advantages and disadvantages. The interest in methods of edge detection is predicated on the fact that they are based on the achievement of other aims.*