

## САМООРГАНИЗИРАЩА СЕ ПРОГРАМНА СИСТЕМА ЗА АНАЛИЗ НА ПЪТНА МРЕЖА, ПЪТНО-ТРАНСПОРТНИ СЪОРЪЖЕНИЯ И СТРУКТУРИ

**Валентина Христова**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: astronomer@abv.bg*

**Ключови думи:** Самоорганизираща се програмна система, пътна мрежа, пътно-транспортни съоръжения, пътно-транспортни структури

**Резюме:** Изследването на мрежата от пътно-транспортни съоръжения и структури е от особена важност за инфраструктурата на всяка една държава. Това позволява тя да се изгражда, доразвива, наблюдава като се следи нейното състояние и се предприемат съответните мерки. Необходим инструмент в подобна задача се оказва самоорганизиращата се програмна система за анализ на пътната мрежа. Тя позволява бързо и точно да се определят действията, които биха били нужни, за да се подобри състоянието на пътно-транспортните съоръжения и структури.

## SELF-ORGANIZING SOFTWARE SYSTEM FOR ANALYSIS OF ROAD NETWORK, TRAFFIC FACILITIES AND STRUCTURES

**Valentina Hristova**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: astronomer@abv.bg*

**Keywords:** Self-organizing software system, road network, traffic facilities, road-transport structures

**Abstract:** The study of the network of road transport facilities and structures is essential for the infrastructure of each country. This allows it to be built, builds, observed by monitoring its condition and take appropriate action. Necessary tool in this task proved self-organizing software system for analysis of the road network. It allows to quickly and accurately identification the measures that would be needed to improve the condition of road facilities and structures.

### **Въведение**

Самоорганизиращата се мрежа (COM) е вид изкуствена невронна мрежа, която е подготвена да използва обучение без учител, с цел да даде резултат, който е едно- или двумерен. Най-често срещаните приложения на COM са в двумерни изходни данни. Друга основна характеристика на резултатите е, че те са дискретизирано представяне на входните. Резултатът от COM се нарича карта. COM се различава от другите невронни мрежи, защото позволяват да се запази топологичните характеристики на входните данни. Това прави метода подходящ за обработка на входни данни с висока размерност, който да бъдат визуализирани като едно- или двумерни.

Обединението на най-новите географски изследвания изисква система, която да се адаптира и използва в нови изследователски проекти. Разработването на алгоритъм за самоорганизираща се програмна система за анализ на пътната мрежа (СОПМ) предоставя възможност да се извличат и групират данни. В [1] се разглеждат областите на приложение на подобна система. По-щателно са разгледани: картографията, биофизичните процеси и явления, и социално-икономическата среда.

Геометрията на пътя е ключов параметър при извличане СОПМ от изображения с висока разделителна способност, добити чрез дистанционно наблюдение. В [2] се предлага метод за автоматично определяне на параметрите на пътната геометрия. Подходът може да

коригира броя на клъстерите и клъстерния център на изображението, чрез анализ на дискретизираното разпределение на плътността на самоорганизиращи се функции на невронната мрежа по слоеве (при обработка на изображение с много слоеве). Правилната обработка на изображението изисква да се сегментира в правилния момент, за да бъде този процес приложен точно върху изследвания обект. Тогава може да се извлекат геометричните характеристики на терена. Резултатите са показали, че предложеният алгоритъм е прецизен и ефективен.

За решаването на конкретна задача, свързана с проектирането на пътища се предлага подход, който позволява създаването на голям брой теоретични трасета [3]. Представени са основните етапи за създаване на теоретично трасе на пътища, използвайки Delaunay триангулация. Това е широко използван метод, който има предимство че създадените по този метод триъгълници са най-равноъгълни. За тях е характерно, че в описаната около които и да е тях окръжност не попадат други точки освен тези, формиращи триъгълника. Съществуващите алгоритми за решение на тази задача са итеративни алгоритми, разделящи алгоритми и директно построение на Delaunay триангулацията. Предложеният алгоритъм дава надеждни резултати.

### Описание на метода

Методът се използва с цел да се открие СОПМ от входно изображение, което е получено от дистанционно наблюдение на земната повърхност. Това изображение се преобразува като се откриват неговите ръбове по метода на SUSAN [4], които могат да бъдат групирани или не по метода ACE (anti-parallel centerline extraction) на Doucette [5]. Входното изображение се сегментира по метода на Tilton [6] или на Felzenszwalb [7]. Сегментираното изображение се класифицира по метода на Mahalanobis [8]. Така входното изображение претърпява обработка на ниско до средно ниво, в резултат на което се получават две изходни изображения, които ще се обработят допълнително на високо ниво.

Предложената СОПМ в настоящата работа се състои започва с морфологично филтриране. Математическата морфология или простата морфология може да се дефинира като теория за анализ на пространствените структури. Тя се нарича морфология, тъй като нейната цел е анализа на очертанието и формата на обектите. Морфологията освен теория се явява и техника за анализ. В следствие на морфологичното филтриране се получава равномерно разпределена мрежа върху изображението, като всяка точка от мрежата представлява струпване на центроиди (медицентрове). След полагане на тези клъстери, СОПМ актуализира центроидите като ги премества към най-близката група от пиксели, класифицирани като част от пътя. С цел да се намали ефекта на големите различия в стойностите се прилага групиране по средна стойност. Центровете на клъстерите се обновяват итеративно или докато не възникнат допълнителни актуализации, или докато се достигне определен брой повторения. Клъстерите с непроменени центроиди се считат за несъществени и не се разглеждат в последващата обработка. Останалите центроиди се представят като част от диаграма на Voronoi. Последната стъпка е да се извлече MST (minimum spanning tree) от триангулацията на Delaunay от точките на центроида.

СОПМ може да бъде използвана и самостоятелно чрез командата в Command Prompt:

```
sorm <border>.tif <classif>.tif <out>.tif <out>.shp pointnum
```

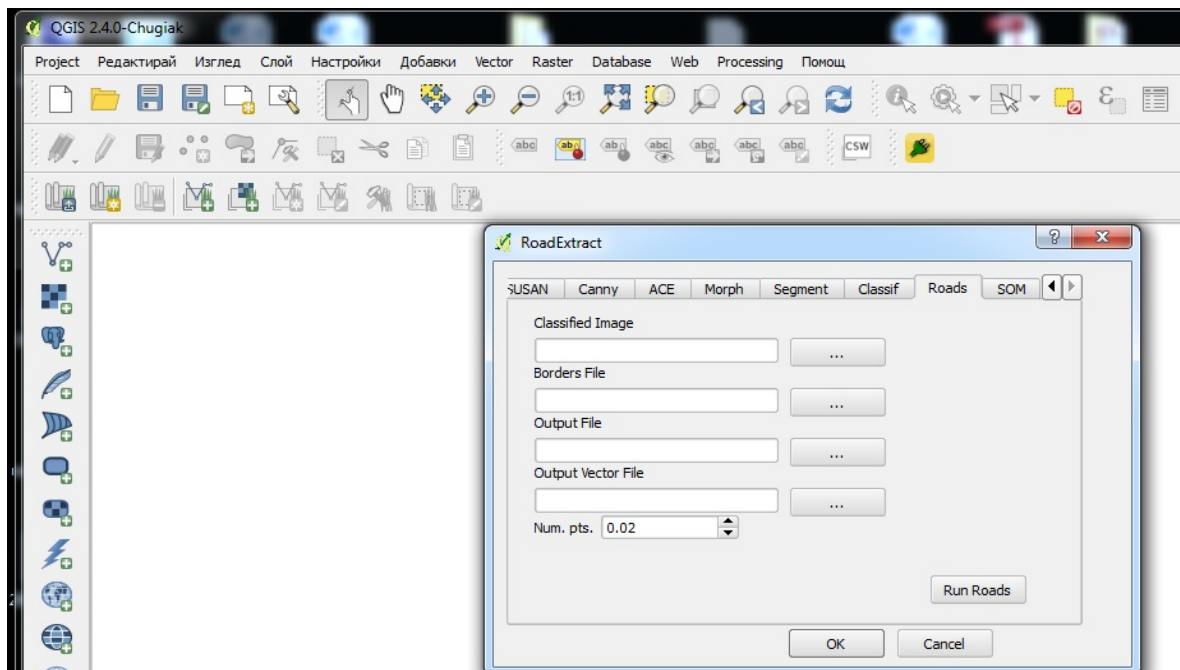
Например:

```
sorm ace.tif classif.tif output.tif output.shp 0.1
```

Параметрите, които могат да се варират са:

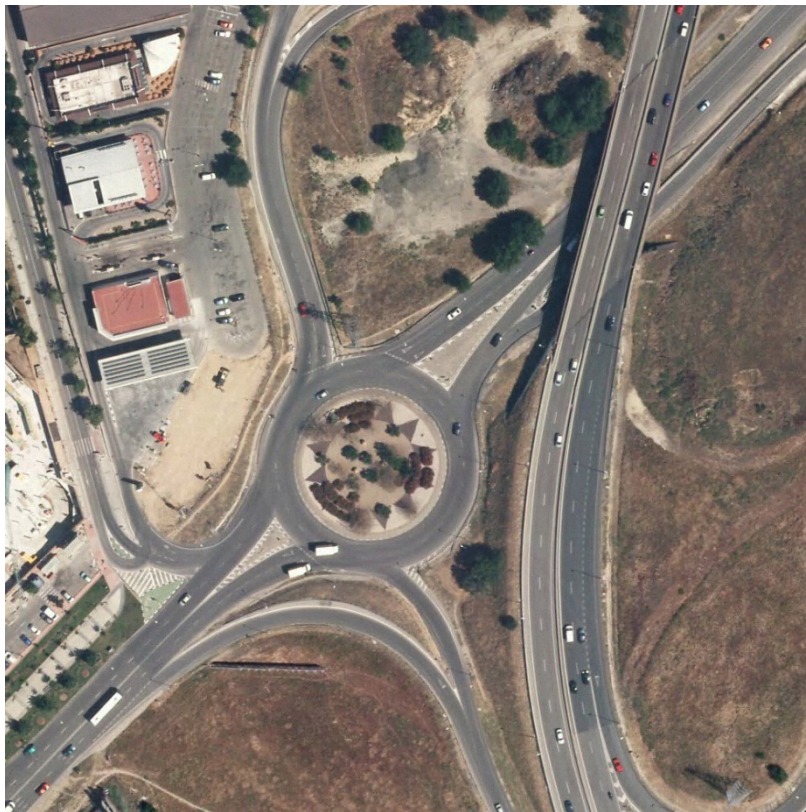
- border: входното изображение с открити ръбове;
- classif: входно изображение с класифицирани пътища;
- Out: изходно изображение в .tif формат, който е георефериран;
- Out.shp: изходна централна ос в .shp формат;
- Pointnum: брой на използваните точки, като процент от общия на всички входни.

Създадена е програмна приставка, която е компютърна програма, която може да се интегрира в QGIS Chugiak 2.4.0. Тя предоставя специфична допълнителна функционалност, която не се поддържа от основното приложение, както е показано на фигура 1.



Фиг. 1. Общ вид на програмната приставка

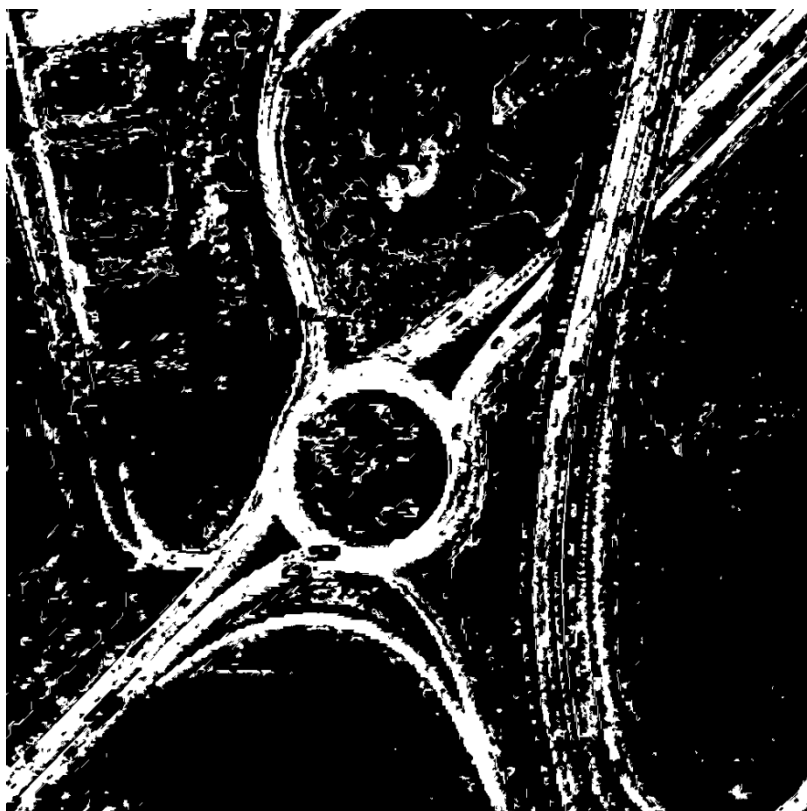
### Опитни резултати



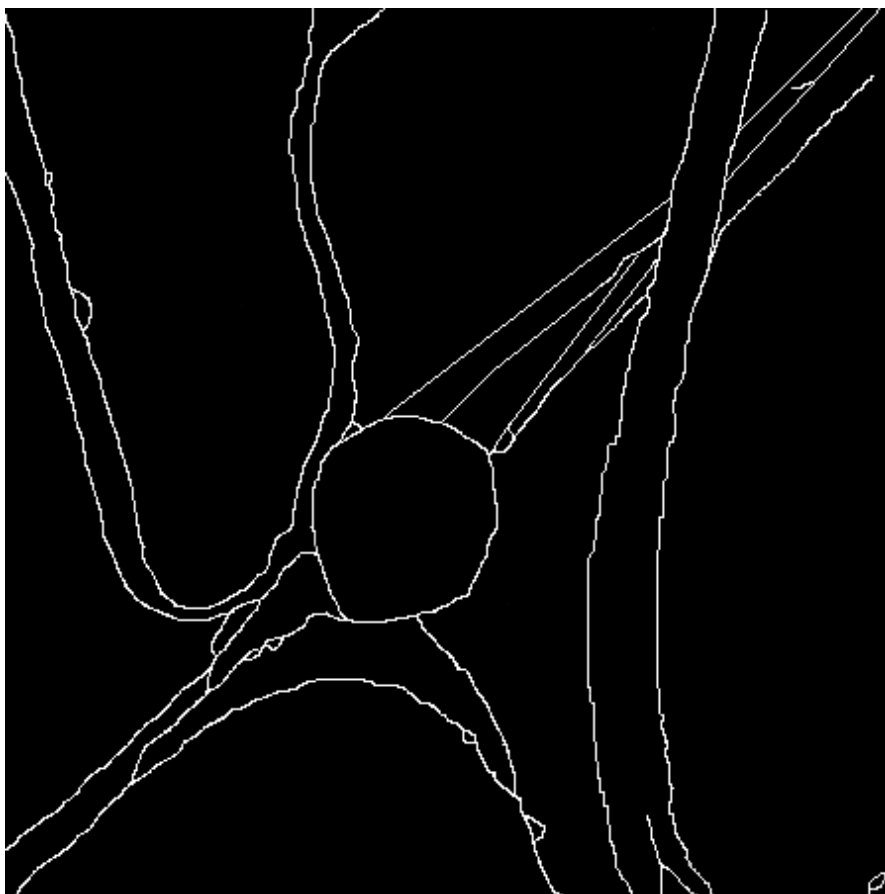
Фиг. 2. Входно изображение. Мадрид, 1000x1000 пиксела, 96 dpi, bit depth – 24, TIF файл



Фиг. 3. Метод за откриване на ръбове SUSAN, приложен върху входното изображение



Фиг. 4. Метод за класификация на Mahalanobis, приложен върху входното изображение



Фиг. 5. Изходно изображение, резултат от СОПМ

На фигура 2 е представено входното изображение. Фигура 3 представя обработеното входно изображение с метода за откриване на ръбове на SUSAN. Фигура 4 изобразява обработеното входно изображение с метода за класификация на Mahalanobis. Фигура 3 и 4 представляват обработка на входното изображение с алгоритми на ниско ниво. Фигура 5 представя обработка с алгоритъм от високо ниво.

### Изводи

За реално прилагане на СОПМ е нужно внимателно да се подбират алгоритмите от ниско и средно ниво, които да се прилагат на входното изображение, както и прецизно вариране на техните параметри с цел постигане на оптимален резултат.

Недостатъците на метода са свързани с резултати, съдържащи недействителни линии на пътно съоръжение или структура. Това се дължи на преопределяне на системата, която при итерация попада в бифуркация, което води до увеличение на броя на линиите, които в действителност не съществуват. Съответно и обратното е възможно да се наблюдава. Тези въпроси ще бъдат разгледани и изследвани допълнително.

На конкретното изображение се забелязва действителен, но леко изместен в пространството резултат. Постигнат е баланс на параметрите, които внимателно са преценени. Разгледани са над 100 комбинации от стойности на параметрите на методите от ниско и средно ниво като изложения в статията показва най-добър резултат.

### Литература:

1. Agarwal, P., Andre Skupin, "Self-Organising Maps: Applications in Geographic Information Science", ISBN: 978-0-470-02167-5, February 2008, 214 pages.
2. Shu, Z., Dianhong, Wang, Cheng, Zhou, "Road Geometric Features Extraction based on Self-Organizing Map (SOM) Neural Network", Journal of Networks, Vol 9, No 1 (2014), pp 190-197, Jan 2014, doi:10.4304/jnw.9.01.190-197.
3. Иванов, Румен, А., "Проектиране на пътища с Делоне триангулация", Шестнадесета международна научна конференция, „Транспорт 2006“, V раздел, 21-23 стр.

4. P e r e z, M. M., T. J. D e n n i s, "An adaptive implementation of the SUSAN method for image edge and feature detection," Image Processing, 1997. Proceedings, International Conference on, vol.2, pp.394-397, vol. 2, 26-29 Oct 1997, doi: 10.1109/ICIP.1997.638789.
5. D o u c e t t e, P., P. A g o u r i s, A. S t e f a n d l s and M. M u s a v i, "Self-organised clustering for road extraction in classified imagery", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 55 (5-6), pp 347-358, 2001.
6. T i l t o n, J. C., "Image Segmentation by Iterative Parallel Region Growing and Splitting," 12th Canadian Symposium on Remote Sensing, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'89), vol. 4, pp. 2420-2423, July 1989.
7. F e l z e n s z w a l b, P. F., D. P. H u t t e n l o c h e r, "Image Segmentation Using Local Variation", Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 98-104, June 1998.
8. Y i h, J e n g-M i n g, Y u a n-H o r n g, L i n, "Clustering Algorithms Based on Mahalanobis Distances", Electronic Commerce and Security (ISECS), 2010 Third International Symposium on, pp.228,231, 29-31 July, 2010 doi: 10.1109/ISECS.2010.57.