

## Математически Морфологични Методи за Филтриране, Сегментация и Класификация на Сателитни Изображения

### MATHEMATICAL MORPHOLOGICAL METHODS FOR FILTERING, SEGMENTATION AND CLASSIFICATION OF SATELLITE IMAGES

Georgi Ignatov, Doyno Petkov

Solar Terrestrial Influences Institute – BAS, Bl.3, Acad. G. Bontchev str. 1113 Sofia, Bulgaria, +359 2 979 3354, [georgignatov@yahoo.de](mailto:georgignatov@yahoo.de), [dpetkov@stil.bas.bg](mailto:dpetkov@stil.bas.bg)

*Application of mathematical morphological methods for the classification and segmentation of satellite images is made. Some conclusions about its application powerful are summarized. Mathematical morphology was developed as a tool for shape analysis in binary and, later, gray-scale images. Segmentation and classification of satellite images is one of the main tasks to be solved for detection of geometric forms as well as different type's surfaces. In the available scientific literature, many applications of the morphological methods are presented. They could be summarized as follows: SAR-images segmentation: In SAR imagery, the speckle is modeled as a Gamma distributed multiplicative noise of mean one and variance equal at the inverse of the equivalent number of looks. In such a way, more false edges in high reflectivity areas could be detected. Detection of marine oil spills in SAR images: It is shown that morphological image analysis techniques are powerful tools to extract accurately dark spots in SAR images, which are candidates to be oil spills. The main goal is that this segmentation can be carried out with no prior knowledge about ocean conditions during the image acquisition process.*

#### 1. Въведение

В биологията терминът морфология се използва във връзка с изучаването на формите и структурите на растенията и животните. При математическата обработка на изображения този термин няма такова обобщаващо значение. Математическата морфология се отнася към нелинейните методи за обработка и анализ на изображения. Математическите морфологични методи се използват в различни етапи, както при обработката, така и при анализа на цифрови изображения, в това число и на различни видове сателитни изображения. Например:

Филтриране на сателитни изображения

Сегментация на сателитни изображения

Класификация на сателитни изображения

Морфологическият филтър, който може да бъде създаден вследствие на морфологични теории и операции е значително по-подходящ за анализ на геометричните форми отколкото стандартните линейни филтри. Това се дължи на възможността на този филтър да определи основната геометрична форма на изображението. възможността на този филтър да определи основната геометрична форма на изображението. Според научната литература едни от най важните характеристики на морфологическите операции могат да бъдат обобщени както следва [1]:

Този вид нелинейни операции обезпечават систематичната промяна на геометричното съдържание, като същевременно запазват стабилността на по-важните геометрични характеристики.

При тях има добре развита математическа база, която позволява да бъдат използвани за оптимизация.

Дават възможност да се изразят цифрови алгоритми на математически членове посредством много малък клас примитивни морфологични оператори.

Най-общо казано морфологичните оператори преобразуват първоначалното изображение в обработено изображение, чрез взаимодействие с друго изображение с

определени форма и размери, наречено структурен елемент. Геометричните особености на първоначалното изображение, които са подобни на структурния елемент се запазват в обработеното изображение.

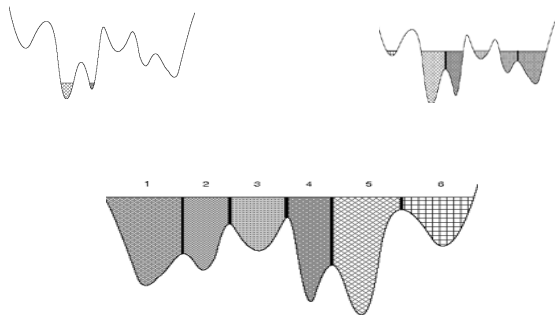
Математическите морфологични методи намират приложение в различни области на науката, като например роботиката; микроскопски анализи; обработката на изображения получени посредством дистанционните методи и др. В тази статия са разгледани някои приложения на този метод свързани с обработката на сателитни изображения.

#### 2. Обработка на “SAR” изображения с помоща на математически морфологични методи

Един от основните процеси при обработката на сателитни изображения получени в радиодиапазона или т. нар. “SAR” изображения е процесът на сегментация.

Зърнистостта “speckle” е явление, което е обичайно за изображението на всички обекти подложени на кохерентно осветяване. Конструктивните и разсейващите намеси върху отразената вълна създават големи вариации на нейната интензивност. В мащаба на изображенията получени в следствие на такова разсейване се появява силна детайлизация, която прави автоматичната обработка на даденото изображение много трудна [2]. Това създава предпоставки да се определят лъжливи граници в изображението. За да се избегне това са създадени няколко устойчиви оператора: “ROA” [3]; “LR” [4] и др. За тези два оператора в научната литература се предполага, че имат не повече от една граница във вътрешността на анализирания прозорец [2].

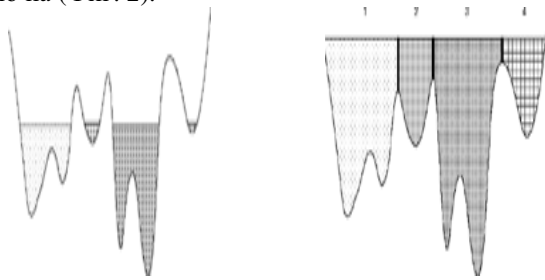
Друг начин да се преодолее този проблем е използването на така наречения “Watershed” алгоритъм [2]. В математическата морфология се приема градиентът на изображението да се разглежда като крива наподобяваща височинна карта :



Фиг. 1 “Watershed” алгоритъм

Този метод се основава на идея, при която изображението се разглежда като топографска карта [5]. По-сивите пиксели се представят като своеобразен минимум, а по-ярките се пиксели като максимуми. По аналогия с вододелите във геологията (значението на думата “watershed” на английски е вододел) се приема образно изпълване на минимумите с “вода”, докато не се прелеят от един минимум в друг, като пиковите се възприемат като граници в изображението (Фиг.1). Този метод дава възможност да се определят “скрити” контури в изображението, като това подобрява до голяма степен качеството на сегментацията, респективно и точността на изображението [5].

Освен положителни характеристики, алгоритъмът “watershed” има и някои негативни страни. Съществува опасност от т. нар. “over segmentation” [2], тоест в обработеното изображение да съществуват повече елементи отколкото в реалността. Това се обяснява със съществуването на локални минимума, което поставя задачата за тяхното избягване. Първата модификация на алгоритъма се нарича “watershed with threshold”, при която се приема началното ниво на “наводняването” на всички минимума, като по този начин ще се определят контурите на сегментация, които се разграничават при началните условия и които имат едно или повече значения на градиента, а останалите ще изчезнат [2], показано на (Фиг. 2).



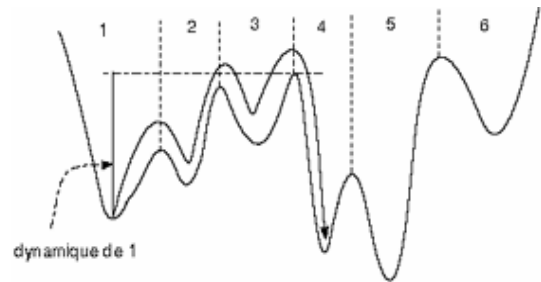
Фиг. 2 Определяне на началното ниво на “наводняване”

Друг метод за преодоляването на проблема “over segmentation” е така наречения алгоритъм “basin dynamics” [6]. Концепцията за този алгоритъм е представена от Grimaud [7]. Той се състои от формиране на йерархия на локалните минимума на градиента на изображението, като им придава динамично значение. Тогава може да се определи разширението на областта “basin” по динамични признаци до пълното изпълване на областта. Всичко това можем да изчислим по формула (1):

$$\min(\max_{s \in [0,1]} (f(\gamma(s)) - f(\gamma(0))) | \gamma: [0,1] \rightarrow R^2, f(\gamma(1)) < f(\gamma(0)), \gamma(0) \in M), \quad (1)$$

където :  $\gamma$  - път между две точки  $\gamma(0), \gamma(1)$ .

Практически може да се определи връзката на минимумите на височинните разлики на всички пътища свързващи  $\{M\}$  с най-големия минимум. Това е показано на (Фиг. 3)



Фиг. 3 Определяне на “basin dynamic”

По определение [7], глобалният минимум на изображението няма определен динамичен край. Това може да се установи в пълната височинна разлика на градиента на изображението или в безкрайността. Стандартният метод за оценка на динамиката се състои в това да се използват моделирани вложения [2]. Алгоритъмът може да бъде описан по следният начин : Когато две области се срещат на височина “h”, ние сравняваме техните съответстващи минимума. Областта с по-малкия минимум се прелива във втората и те се оценяват динамически чрез следната формула (2):

$$Dyn(M) = h - h_m$$

(2)

При областите с локални минимума динамиката клони към безкрайност, тоест разликата  $h - h_m$  е пренебрежимо малка. След тази операция остава само да се обединят областите, чиято динамика е по-ниска, за да се приложи алгоритъма “watershed”. Предложени са три начина за това [2]:

- Може да се приложи алгоритъма “watershed”, който разглежда само минимума, които имат най-висок динамичен праг.
- Би могло да се обединят области при които динамиката е по-ниска от праговата.
- Може да се използва класическия модел на алгоритъма.

Морфологичните методи за сегментация на сателитни изображения намират широко приложение, като пример за това може да бъде точното определяне на нефтени разливи от данни на сателитни изображения получени в радиодиапазона на електромагнитния спектър (SAR image) [8]. Поради близките отразителни характеристики на нефта и водата, сегментацията на тези разливи е трудна [8]. В основата на методите за решаването на тази задача е отличаването на фоновото поле от това на разлива. За целта се използват нелинейни морфологични филтри, които да бъдат адекватни за правилната оценка на фона, който в дадения случай е водна повърхност. Дори при хомогенен фон (спокойна вода) тази задача е трудна. Обикновено се използват изображения с ниска разделителна способност  $-100 \times 100[m]$  за един пиксел. За

целта се използват филтри основаващи се на адаптивни прагове на чувствителността [9]. Основният инструмент в този случай е регулирането на чувствителността на филтрите за достигане на оптимални резултати. Тези нелинейни филтри могат да следват вариациите на фона, като същевременно се запазват контурите на по-тъмните петна, които в дадения случай могат да бъдат нефтени разливи. Такъв филтър е т.нар. "top-hat" филтър [10]. Адаптивният праг при този филтър се изчислява по формулата (3) [8]:

$$\sigma_{th}(x, y) = \phi_B \{ \gamma_B [f(x, y)] \} \quad (3)$$

Приложимостта на този тип морфологични методи може да се разгледа в няколко аспекта [8]:

- Този алгоритъм може да се прилага при изображения с ниска разрешителна способност.
- Основните стъпки при прилагането му имат обща алгоритмична основа, която позволява да се достигне по-голяма бързина при обработката на изображения
- Класификацията води до намаляване броя на изследваните обекти, като разграничава фона от търсения от нас разлив, като по този начин се ускорява автоматичния процес на обработка на изображението.

### 3. Заключение

В направения обзор се представят някои алгоритми свързани с теорията на математическата морфология. Разгледани са и някои приложения на тези алгоритми, като основният извод който се налага е, че тези методи представляват сериозна база за научни изследвания. В литературата са направени сравнения между различните алгоритми [6], които могат да бъдат използвани за сравнителен анализ при обработка на данни от сателитни изображения направени на радиодиапазона на електромагнитния спектър. В представените приложения е разгледана основно обработката на 2-D черно-бели

изображения, но в научната литература са описани алгоритми за обработка както на цветни, така и на 3-D изображения. Описаните методи имат широко приложение за нуждите на дистанционните изследвания на Земята от космоса. Автоматичната обработка на изображения намира широко приложение при класификацията, сегментацията и филтрирането на данни от сателитни снимки, като основа на едно бъдещо изследване биха могли да се разгледат по-подробно на базата на научни експерименти приложенията на морфологичните математични методи при изпълнението на такъв род задачи.

### 4. Литература

- [1] Wayne L., Mathematical Morphology and Its Applications on Image Segmentation, Dept. of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University, June 7, 2000.
- [2] Lemaréchal C., R. Fjørtoft, P. Marthon, E. Cubero-Castan, A. Lopès, SAR Image Segmentation by Morphological Methods, Proc. SAR Image Analysis, Modelling, and Techniques III, vol. SPIE 3497, Barcelona, Spain, September 1998.
- [3] Touzi R., A. Lopès, P. Bousquet, A statistical and geometrical edge detector for SAR images, IEEE Trans. Geosci., Remote Sensing, Vol. 26, No. 6, pp. 764-773, 1988
- [4] C. J. Oliver, D. Blacknell, R. G. White, Optimum edge detection in SAR, IEEE Proc. Radar Sonar Navig., Vol. 143, No. 1, 1996.
- [5] Moreels P., S. Smrekar, Watershed Identification of Polygonal Patterns in Noisy SAR Images, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 12, no. 7, pp. 740-750, July 2003.
- [6] Lemaréchal C., R. Fjørtoft, Comments on "Geodesic Saliency of Watershed Contours and Hierarchical Segmentation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, NO. 7, pp. 762-763, July 1998
- [7] M. Grimaud, A New Measure of Contrast: Dynamics, in Proc. Image Algebra and Morphological Processing III, Vol. SPIE 1769, pp. 292-305, San Diego, July 1992.
- [8] Gasull A., X. Fàbregas, J. Jiménez, F. Marqués, V. Moreno, M.A. Herrero, Oil Spills Detection in SAR Images Using Mathematical Morphology Dept. Teoria del Senyal i Comunicacions, Universitat Politècnica de Catalunya, UPC-Campus Nord, c. Jordi Girona, 1-3, 08034 Barcelona
- [9] P. Pavlakis, The Oil Spill Detection by Radar and the Effect of the Wind Speed, Investigation of the Potential of ERS-1/2 SAR Images for Monitoring Oil Spills on the Sea Surface, pp. 33-38, 1995.
- [10] F. Meyer, Automatic screening of cytological specimens, Computer Vision, Graphics and Image Processing, vol. 35, pp. 356-269, 1986