



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ
ВАРНА

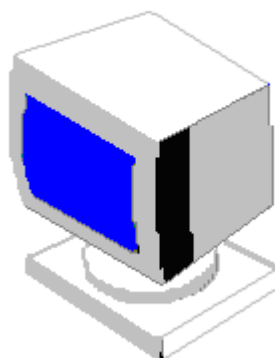
КОМПЮТЪРНИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

година III

брой 1/2005

ISSN 1312-3335

COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGIES



Bulgaria
Communications
Chapter



Bulgaria
Computer
Chapter



Едно допълнение към екипотенциалния метод за избор на представителни точки от изображения от сивата скала

Димитър С. Тянев, Юлка П. Петкова

Резюме: В статията е предложено едно допълнение към по-рано разработения от авторите метод за избор на представителни точки от изображения от сивата скала, който е основан на критерия за D-оптималност. Същността на метода се състои в пространствената интерпретация на изображението и разбирането, че точките, които лежат върху изпъкналата пространствена обвивка на обекта, са най-информативни в смисъла на избрания критерий. Авторите въвеждат и дефинират някои нови понятия, които са необходими, за да представят своя метод. Предлагат се и критерии за определяне на представителните точки.

An Addition to the Equipotential Method for Representative Points Extraction from Grey-Scale Images

Dimitar S. Tyanev, Yulka P. Petkova

Abstract: In the article is proposed an improvement of the early developed by the authors method for informative points extraction, which is based on the criterion of D-optimality. The essence of the method is consists in spatial interpretation of the image and presumption that points, which lie on the protruding spatial cover of the object, are most informative in the sense of chosen criterion. Authors introduce and define some new issues, which are necessary to present their method. There are proposed criteria to extract the representative points as well.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Редица задачи в областта на обработката на изображения изискват предварителен избор на съществени (представителни) точки от тях, които трябва да удовлетворяват някакъв определен критерий, в зависимост от конкретното приложение. Едно от тези приложения е добре известното сравнение с еталон или още търсене на шаблон в изображение. То се състои в търсенето на някакъв предварително известен малък шаблон в значително по-голямо изображение. При решаване на тази задача, е необходимо да се изчисляват стойностите на определен критерий за подобие и да се вземе решение за

наличието или не на търсения шаблон в изображението. Вземането на решение се постига чрез прилагането на някакво мини-максно правило върху стойностите на критерия.

Един от най-често прилаганите в практиката подходи за ускоряване на изчисленията, свързани с тези критерии, е да се намали множеството от данни, като същевременно се запази надеждността на съответния критерий [4, 5, 6].

Известни са и се използват в практиката различни методи за избор на подмножества от данни. Тези подмножества трябва да представят шаблона по най-добрия начин в определен

смисъл, без загуба на съществена информация. Някои от тях са:

- избиране на контурни точки на елементи в изображението [6,7,8];
- избиране на точки по ръбовете на елементите [6,7,8];
- избиране на точки по ъглите на елементите [6];
- други [5,7].

В [1] авторите предлагат изборът на представителни точки да бъде основан на метода за формиране на D-оптимизирани подмножества [3]. Характерна особеност на тези подмножества е, че пространственото разположение на техните елементи формира изпъкналата периферна обвивка на обекта.

За тази цел авторите представят обработваните изображения от сивата скала като тримерни обекти, като стойностите на интензитета се нанасят по оста z в правоъгълна координатна система. Тримерните обекти (в случая – изображенията) се пресичат с равнини, които са успоредни на равнината xy и перпендикулярни на оста z , и пресичат тази ос на избрани по определен критерий нива. Авторите наричат тези повърхнини *еквипотенциални*. За представителни се избират пресечните точки на еквипотенциалните повърхнини с релефа на изображението, съгласно (1).

IF

$$\left(\left[\frac{(PI(i) \leq Pt_{max}) \cap [(PI(i+1) > Pt_{max})]}{(PI(i+1) > Pt_{max})} \right] \cup \left[\frac{(PI(i) \geq Pt_{max}) \cap [(PI(i+1) < Pt_{max})]}{(PI(i+1) < Pt_{max})} \right] \right) \cup \left(\left[\frac{(PI(i) \leq Pt_{min}) \cap [(PI(i+1) > Pt_{min})]}{(PI(i+1) > Pt_{min})} \right] \cup \left[\frac{(PI(i) \geq Pt_{min}) \cap [(PI(i+1) < Pt_{min})]}{(PI(i+1) < Pt_{min})} \right] \right) = True \quad (1)$$

THEN

$$i \in \mathfrak{Z},$$

където: i е елемент от изходното множество, чиято интензивност $PI(i)$ удовлетворява условието (1) и става следващият елемент от новоформиращото се подмножество $\mathfrak{Z}$;

Pt_{min} и Pt_{max} са двете потенциални нива (ниско и високо), определящи

координатите z на еквипотенциалните равнини.

Отделените чрез тези равнини точки интерпретират пространствената структура на входното изображение в съответствие със същността на критерия за D-оптималност. Съгласно [1] отделените точки формират затворени контури и са разположени по периферията на сеченията и затова те са най-информативните точки в посоката перпендикулярна на оста z .

Възниква въпросът за намирането на информативни точки по продължение на другата ос на пространството, в което се разглежда тримерният обект – оста z .

Целта на авторите в тази работа е да се направи едно допълнение към предложението в [1] метод за избор на важни (представителни) точки, така че да се подобри множеството от точки, удовлетворяващи критерия за D-оптималност.

2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА ОТДЕЛЯНЕ НА ИНФОРМАТИВНИ ТОЧКИ ПО НАПРАВЛЕНИЕ НА ОСТА Z

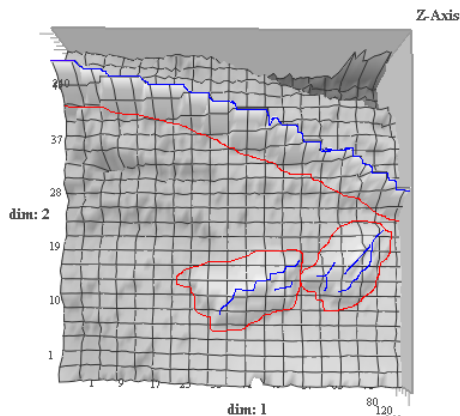
Еквипотенциалните равнини отрязват най-високите и най-ниските части от релефа на изображението. Резултатът е едно множество от “хълмове” и “падини”. Точките, които най-информативно описват този релеф по височина и по дълбочина, са съответно “хребетите” и “долините”. Тези понятия се срещат и използват в компютърната визия [8], но тук ние влагаме в тях по-различен смисъл, с оглед на нашата интерпретация на изображенията. Затова е необходимо тези понятия да бъдат въведени и дефинирани.

На фигура 1 е показана тримерна част от изображение, в която са отделени чрез метода на еквипотенциалните повърхнини няколко “хълма”. Най-високите точки от тези хълмове формират хребетите.

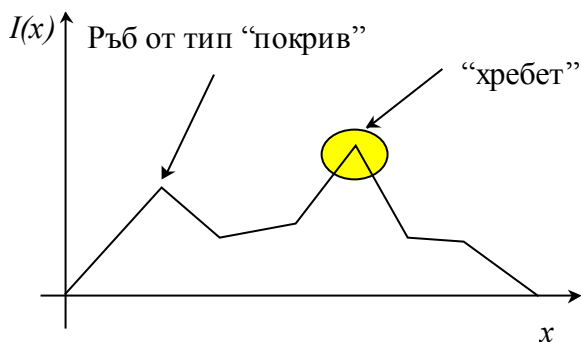
Дефиниция 1: “Хребет” е множеството от точки, които съответстват на точки от ръб

от тип ”покрив” и лежат в избрания чрез еквипотенциалната равнина хълм.

С други думи, всяка точка, в която се пресичат две линейни части от функцията на интензивността с противоположен наклон, е точка, която принадлежи на хребета (виж фигура 2).



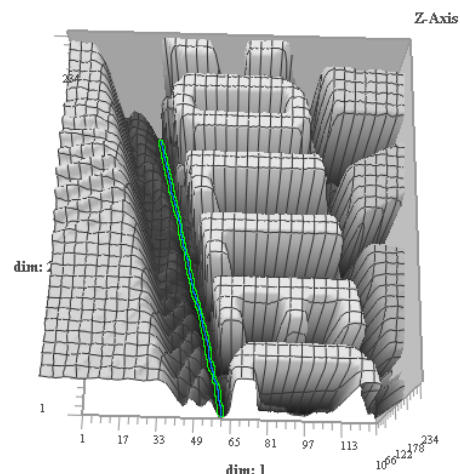
Фиг.1. ”Хълмове” и техните най-високи точки – ”хребети”



Фиг. 2. Ръбове от тип ”покрив” и ”хребети”

Дефиниция 2: Понятието ”долина” се определя абсолютно аналогично на ”хребет”, разглеждайки функцията на интензивността с обратен знак.

На фигура 3 е показана отделена чрез еквипотенциална равнина падина и долината в нея.



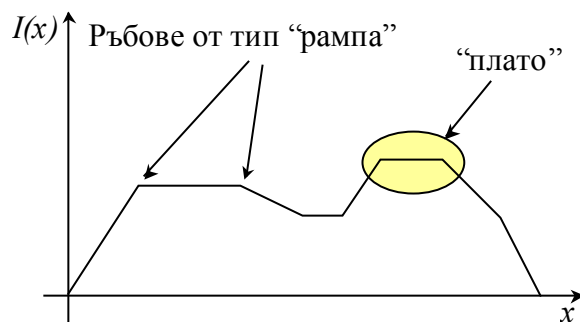
Фиг. 3. ”Падина” и най-ниската ѝ част – ”долина”

Тук възниква въпросът кои точки трябва да бъдат избрани, ако в разглежданата област няма ръбове от тип ”покрив”, а има множество съседни точки, които са с една и съща интензивност, т.е. с терминологията на географията, се виждат ”плата” и ”низини”. Тези понятия също трябва да се дефинират.

Дефиниция 3: ”Плато” – това е всяко множество от точки с една и съща интензивност, които лежат между два горни ръба от тип ”рампа” и които принадлежат на пресечена от еквипотенциална равнина област.

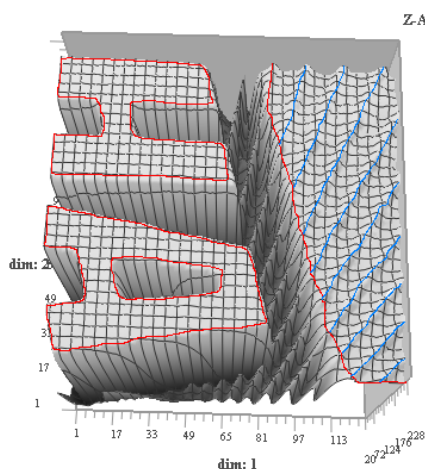
Терминът ”горен ръб” е определен от авторите в [2].

На фигура 4 е показана едномерна функция на интензивността, в която има ръбове от тип ”рампа” и в която има участъци с еднаква интензивност, т.е. наличие на ”плата”.



Фиг. 4. Функция на интензивността, съдържаща плата и ръбове от тип ”рампа”

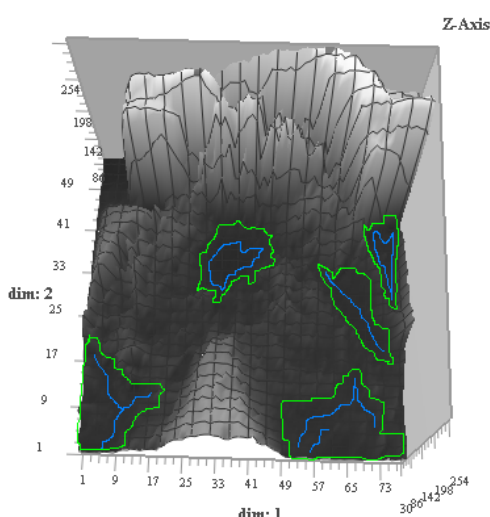
На фигура 5 е показана пространствената интерпретация на част от изображение, в което, в селектираните чрез еквипотенциалните повърхнини хълмове, се виждат както хребети, така и плата.



Фиг. 5. Изображение, в което са селектирани хребети и плата

Дефиниция 4: В обратна посока можем да дефинираме термина “низина”, която аналогично включва множеството от точки с една и съща интензивност и които лежат между два “долни ръба” ([2]) от тип “рампа”.

На фигура 6 е показана пространствената интерпретация на част от изображение, в което, в селектираните чрез еквипотенциалните повърхнини падини, се виждат както долини, така и низини.



Фиг. 6. “Падини” и най-ниските им точки, формиращи “долини” и “низини”

Очевидно е, че цялото множество от точки, които принадлежат на платото или

на низината, съдържа информационен излишък. Затова е разумно това множество да се минимизира, като се вземат само контурните точки на тези области.

3. КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА ТОЧКИ, КОИТО ПРИНАДЛЕЖАТ НА “ХРЕБЕТИ”/“ДОЛИНИ” И НА “ПЛАТА”/“НИЗИНИ”

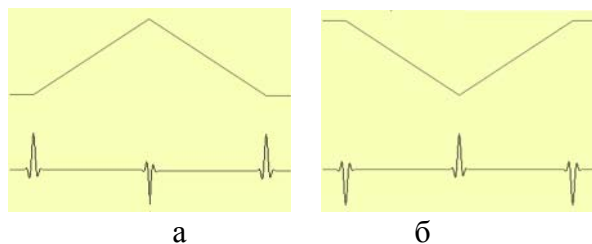
В предходната секция дефинирахме понятията “хребет”, “долина”, “плато” и “низина” чрез различни модели на ръбове. Поради тази причина задачите за избор на обект “хребет”, “долина”, “плато” или “низина” се свеждат до определяне на критерии и синтез на алгоритми за откриване на ръбове, съответстващи на посочените модели.

Отделяне на точки от “хребети” и “долини”

Разглеждаме промените на функцията на интензивността в един “хълм”, който е получен като сечение на тримерната интерпретация на изображението с една еквипотенциална равнина, успоредна на равнината P_{xy} .

В [2] авторите предлагат нова дефиниция на ръб и два алгоритъма за откриване на ръб, основани на тази дефиниция. Единият от тези алгоритми идентифицира точките от ръба чрез **екстремумите** на втората производна на функцията на интензивността (за разлика от широкоизвестните алгоритми, например Мар-Хилдрет и LoG [7,8], които използват пресичанията на нулата на втората производна на функцията на интензивността за локализация на точки от ръбовете).

Тук ние използваме същите разбирания и дефинираме, че точките, които принадлежат на “хребетите”, се идентифицират с отрицателните локални екстремуми на втората производна, намиращи се между два положителни екстремума, съгласно (2) и фигура 7а.



Фиг. 7. Едномерна функция на интензивността, съдържаща: а) “хребет”, б) “долина” и втората ѝ производна

IF

$$(Extr_i(\ddot{I}) < 0 \cap Extr_{i-1}(\ddot{I}) > 0 \cap Extr_{i+1}(\ddot{I}) > 0) \quad (2)$$

THEN

$$i \in RIDGE$$

където: $Extr_i(\ddot{I})$ е екстремумът на втората производна на функцията на интензивността в точката i ;

RIDGE е множеството от точки, принадлежащи на хребета.

Определянето на най-ниските точки на падините, които вече нарекохме “долини”, е аналогично, т.е. точките от “долините” съответстват на положителните локални екстремуми на втората производна, намиращи се между два отрицателни екстремума, съгласно (3) и фигура 7б.

IF

$$(Extr_i(\ddot{I}) > 0 \cap Extr_{i-1}(\ddot{I}) < 0 \cap Extr_{i+1}(\ddot{I}) < 0) \quad (3)$$

THEN

$$i \in VALLEY$$

където: $Extr_i(\ddot{I})$ е екстремумът на втората производна на функцията на интензивността в точката i ;

VALLEY е множеството от точки, принадлежащи на долината.

Отделяне на контурните точки от “платата” и “низините”

На фигура 8 са показани функцията на интензивността и нейната втора производна. Всеки два съседни, с един и същи знак локални екстремуми на втората производна са контурни точки на “плато” или “низина”. Екстремумите с положителен знак определят контурите на

“низина”, съгласно (4) и фигура 8а, а тези с отрицателен знак – на “плато”, съгласно (5) и фигура 8б.

IF

$$(Extr_i(\ddot{I}) < 0 \cap Extr_{i+1}(\ddot{I}) < 0) \quad (4)$$

THEN

$$i \in TABLE - LAND$$

TABLE-LAND е множеството от точки, принадлежащи на платото.

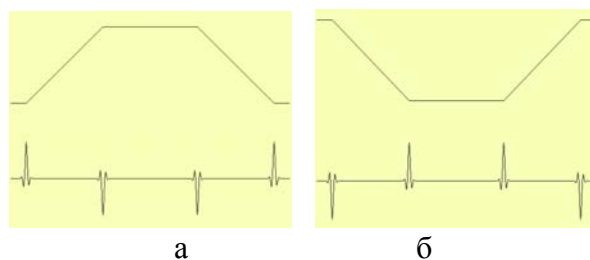
IF

$$(Extr_i(\ddot{I}) > 0 \cap Extr_{i+1}(\ddot{I}) > 0) \quad (5)$$

THEN

$$i \in LOW - LAND$$

LOW-LAND е множеството от точки, принадлежащи на низината.



Фиг. 8. Едномерна функция на интензивността, съдържаща: а) “плато”, б) “низина” и втората ѝ производна

Ясно е, че когато обработваме хълмовете, се интересуваме само от платата, а когато обработваме падините – само от низините.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показаните на фигури 1, 3, 5 и 6 информативни точки са селектирани чрез алгоритмите, предложени в [1] и [2], както и в този доклад. Както се вижда, те са достатъчно малко на брой и в същото време носят най-съществената част от информацията за обекта, която може да бъде използвана в алгоритмите за оценка на подобие и в частност – за търсене на шаблон в изображение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tyanev, D., Y. Petkova. A New Method for Important Points Extraction, International Scientific Conference CompSysTech 2004, Rousse, Bulgaria, 17-18 June 2004, pp. III.11-1 – 11-8.
- [2] Tyanev, D., Y. Petkova. About the Possibilities of a New Edge Definition in Black and White Images, ISSE 2005, 28th International Spring Seminar on Electronics Technology, Wiener Neustadt, Austria, May 19-22, 2005 .
- [3] Тянев Д. С., Алгоритми за разпознаване на образи и използването им в техническата диагностика, докторска дисертация, 1991, София.
- [4] Wang L., Pavlidis T., Direct Gray-Scale Extraction of Features for Character Recognition, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vo. 15, no. 10, pp. 1053-1067, Oct. 1993.
- [5] Lundberg, F., “Maximum Entropy Matching: An Approach to Fast Template Matching” - October 25, 2000.
- [6] Manickam, Swami, Roth, Scott, Bushman, Thomas, “*Intelligent and optimal normalized correlation for high-speed pattern matching*” - Datacube Inc., November, 2000.
- [7] Ritter, G. X, J. N. Wilson, “*Handbook of computer vision algorithms in image algebra*”, CRC Press LLC, 2001
- [8] Гочев, Г., “Компютърно зрение и невронни мрежи”, София, 1998.