تقطيع مرئيات التحسس النائي إلى أنواع مختلفة من الأغطية الأرضية باستخدام طريقة حد العتبة (*Otsu*)

ضياء حازم سليمان البرهاوي

مركز التحسس النائي

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2012/9/30 ، تاريخ القبول 2014/6/3)

الملخص

تعتبر عملية تقطيع المرئيات من المراحل الأولية المهمة من مراحل إعداد قواعد البيانات لنظم المعلومات الجغرافية (GIS). حيث تم في هذا البحث استخدم طريقة حد العتبة (Otsu thresholding) لإنجاز عملية تقطيع المرئيات الفضائية (Image segmentation) نظرا لكونها طريقة سريعة وكفؤة وتقلل التباين ضمن الصنف الواحد. حيث تم تطبيق الدراسة لمعالجة أحد المرئيات التي تحتوي على نوعين رئيسيين من الأغطية الأرضية والفصل بينهما. تم معالجة المرئية أولا بمرشح الترددات الواطئة لتحسين الفصل بين الأصناف الموجودة ضمن المرئية الواحدة، ثم انجاز عملية التقطيع بواسطة استخدام طريقة حد العتبة Otsu. حيث تم تقطيع المرئية الى منطقتين متميزتين هما منطقة مياه البحر ومنطقة الأراضي اليابسة. بعد انجاز عملية التقطيع تم خزن كل صنف متميز على شكل مرئية ثنائية (Binary image) ليسهل التعامل معها في عمليات المعالجة الرقمية اللاحقة.

الكلمات الدالة: تقطيع المرئيات الفضائية، طريقة حد العتبة، المرئية الثنائية.

Segmenting of Remote Sensing Images into Different land Cover Types using Otsu Thresholding

Dheyaa hazim sulaman AL-Barhawi
Remote Sensing Center
University of Mosul

ABSTRACT

Image segmentation is an important initial operation before building databases for GIS use. Otsu method is a fast and efficient thresholding approach because it is minimizing within class variance. In this study image segmentation has been done by using Otsu thresholding. First, an image contains two main cover types processed by Low Pass filter to enhance separation between classes.

Then, use thresholding to segment image into distinct regions (classes), water and land cover. Finally, each distinct region will store in binary image to uses in later image processing.
Keywords: Segmenting of remote sensing, thresholding approach, binary image.

المقدمة

تعتبر عملية تقطيع المرئيات من المراحل الاولية المهمة من مراحل اعداد قواعد بيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) (Emre Hamit Kok, 2005). ان عملية تقطيع المرئيات تعد جزء اساسي ومهم لبناء اي نظام الي لتمييز المرئيات الفضائية (Automatic image recognition system). وينظر الى عملية تقطيع المرئيات في تطبيقات الرؤية الالية (machine vision) على انها الجسر الذي يربط بين عمليات معالجة المرئيات ذات المستوى الواطئ (low level image processing) وعمليات معالجة المرئيات ذات المستوى العالي (high level image processing). بينما ينظر الى عملية تقطيع المرئيات في تطبيقات التحسس النائي على انها الاداة المساعدة التي تستخدم في عملية ايجاد وتقييم التغيرات التي تحدث على سطح الارض (landuse changes)، باعتبارها الاداة المهمة التي تستخدم بعد انجاز عملية تكوين الاصناف لتجزئة المرئية الى كيانات متميزة يمكن حساب مساحتها وقطرها ومحيطها (Dey V. *et al.*, 2010).

يمكن تعريف عملية تقطيع المرئيات او الصور الفضائية (Image Segmentation) بصورة عامة على انها المعالجة التي تؤدي الى تجزئة المرئية الى مناطق متجانسة (Homogenous Regions) بحيث لا يوجد منطقتين متجاورتين متجانستين وكما يلي:

$$U\, S_i = F \; with \quad S_i \cap S_i = \varnothing, i \neq j \quad \text{.....1}$$
$$i = 1..n$$
$$j = 1..n$$

حيث F تمثل المرئية، $S_i\ S_j$ تمثل المناطق المتميزة في المرئية (Dey V. *et al.*, 2010). بمعنى اخر يمكن القول ان المرئية الاصلية F يمكن تكوينها من ناتج اتحاد (U) جميع المناطق المتميزة S_i .

توجد طرق كثيرة لإنجاز عملية تقطيع المرئيات وكل طريقة تعتمد على طبيعة المرئية التي هي قيد المعالجة مثل عدد وطبيعة الاصناف المكونة للمرئية. بالإضافة الى الدقة المكانية والمساحة التي تغطيها المرئية. كما يعتمد نوع عملية التقطيع على طبيعة التطبيق المستهدف. بصورة عامة يمكن تقسيم طرق تقطيع المرئيات الى ثلاثة انواع رئيسية: النوع الاول يسمى النوع المعتمد على الوحدة الصورية (Pixel-based methods)، والنوع الثاني يسمى النوع المعتمد على اقتطاع منطقة بكاملها (Region-based methods)، والنوع الثالث يعتمد على استخدام الحواف او الحدود في الصورة (Edge-based methods).

النوع الاول (Pixel-based methods) يعتبر ابسط انواع طرق تقطيع المرئيات من ناحية طريقة العمل، ورغم ذلك يوجد لها استخدامات كثيرة ومهمة في تطبيقات تحليل الصور الرقمية (digital image analysis)، وهذه النوعية توصف بانها اكثر الانواع حساسية للضوضاء (susceptible to noise). اما النوعيتان الثانية والثالثة (continuity- based methods) Region or (Edge-based methods) و تستخدمان مفهومين مختلفين لإنجاز عملية تقطيع المرئيات، حيث تستخدم النوعية الثانية مفهوم التشابه Similarity بينما تستخدم النوعية الثالثة مفهوم الاختلاف Difference، (John L. Semmlow, 2004). تم في الدراسة الحالية الاعتماد على طريقة (Otsu) والتي هي من نوع (Pixel-based methods) في انجاز عملية تقطيع المرئية المستخدمة

1- طريقة حد العتبة Thresholding لتقطيع المرئيات:

تعتبر طريقة حد العتبة باستخدام الوحدات الصورية من أهم الطرق وأكثرها شيوعا في تقطيع المرئيات التي تصنف ضمن الطرق المسماة (Pixel-based methods). حسب هذه الطريقة جميع الوحدات الصورية للمرئية ((All Image Pixels التي تمتلك قيم شدة إضاءة (Intensity values) أصغر او أكبر من قيمة حد العتبة تصنف على أنها تقع ضمن منطقة متجانسة واحدة (region homogenous). طريقة حد العتبة تمتاز بالسرعة العالية في انجاز عملية تقطيع المرئيات وبالتالي من الممكن تحديد قيمة حد العتبة بصورة تفاعلية (Interactive). كما يمكن تحديد قيمة حد العتبة اليا (Automatically) بواسطة خوارزميات إيجاد حد العتبة. (Nikhil R. Pal. *et al.*, 1993).

تعتبر عملية تحديد قيمة حد العتبة من أول واهم وأصعب خطوات خوارزميات تقطيع المرئيات. حيث يستخدم المدرج التكراري للمرئية (Image Histogram) كأداة مساعدة لتحديد قيمة حد العتبة. ويمثل المدرج التكراري للمرئية التوزيع الإحصائي (statistical distribution) لقيم شدة الإضاءة لنقاط المرئية. ويستخدم المدرج التكراري أيضا لتقييم كفاءة خوارزمية تقطيع المرئية عندما تظهر قمم المدرج (Histogram peaks) التي تظهر محتويات وتراكيب المرئية بشكل أكثر انفصالا عن بعضها البعض.

يعتبر المدرج التكراري ذو نمط ثنائي (Bimodal) اذا كان المدرج التكراري للمرئية يحتوي على قمتين (Peaks) أي أن المرئية تحتوي على منطقتين متميزتين ويعتبر المدرج التكراري ذو نمط متعدد (Multi-modal) إذا كان المدرج التكراري للمرئية يحتوي على أكثر من قمتين أي أن المرئية تحتوي على أكثر من منطقتين متميزتين. لتحديد قيمة حد العتبة يتم البحث عن أكثر الأماكن انخفاضا (Valleys) أو أكثر الأماكن ارتفاعا (Peaks) في المدرج التكراري للمرئية.

عند استخدام المدرج التكراري لإيجاد قيمة حد العتبة، إذا كان المدرج التكراري ثنائي النمط يمكن اعتبار كل (mode) ذو نمط أحادي (unimodal) مع الافتراض ان التوزيع من نوع (Gaussian distribution). يتم حساب التوزيع (distribution estimate) لكل (mode)، حيث تمثل

نقطة التقاطع بين التوزيعين أفضل قيمة لحد العتبة. المشكلة الرئيسية لهذه الطريقة ان توزيع بيانات المرئية ليس دائما من نوع (Gaussian distribution).

يوجد اسلوب اخر لإيجاد قيمة حد العتبة باستخدام المدرج التكراري. وفق هذا الاسلوب يتم ايجاد قيمة حد العتبة التي تقلل التباين (minimize variance) ضمن كل منطقة متميزة من المناطق التي تكون المرئية وقد استخدمت هذه الطريقة في هذا البحث كما سيتم توضيح تفاصيل عن هذه الطريقة في الفقرة اللاحقة.

2- طريقة Otsu لاختيار قيمة حد العتبة:

تعتبر طريقة Otsu من الطرق السهلة والكفؤة لتحديد قيمة حد العتبة بصورة الية (Automatic) وبالتالي لتقطيع وتجزئة المرئية الى مناطق متميزة ومتجانسة، بحيث ان كل منطقة متجانسة تمثل احد الاصناف (Classes) الموجودة في المرئية (Otsu N., 1979).

ان طريقة (Otsu) لها تطبيقات واسعة في معالجة الصور الرقمية وخصوصا في مجال التحسس النائي وفي المجالات الطبية (Medical Image Processing). من محاسن هذه الطريقة السرعة وسهولة تحويلها الى برنامج ينفذ بواسطة الحاسوب. ان هذه الطريقة تأخذ عدة عوامل بنظر الاعتبار، اولها ان الطريقة تفترض ان المرئية ذات قيم اضاءة متجانسة (Uniform Illumination) مثل المرئيات التي تحتوي على مساحات واسعة من الاراضي المزروعة او مساحات واسعة من الاراضي الصحراوية او مساحات واسعة مغطاة بمياه البحر. وعليه فان خوارزمية (Otsu) ملائمة للعمل مع المرئية المقترحة المستخدمة في البحث لأنها تحتوي على مساحات واسعة ذات قيم اضاءة متجانسة. ثانيا تستخدم هذه الطريقة المعلومات الطيفية للمرئية في عملها ولا تستخدم الطريقة اي معلومات حول العلاقات المكانية (Spatial relationships) لمكونات المرئية في عملها.

يتم تحديد قيمة حد العتبة في هذه الطريقة بالاعتماد على شكل المدرج التكراري للمرئية حيث يفترض ان تكون المرئية مكونة من صنفين او أكثر. في حالة اذا كانت المرئية مكونة من صنفين، فان هذين الصنفين بصورة عامة سيمثلان خلفية الصورة (Background) وواجهة الصورة (Foreground)، اما وفق مفاهيم التحسس النائي كل صنف سيمثل احد انواع الاغطية الارضية (Landcover types)، أو اي ظاهرة من الظواهر الموجودة على سطح الارض. مثلا أحد المرئيات قد تتكون من مناطق صحراوية ومياه البحر او مناطق زراعية وجبلية. فان أفضل قيمة لحد العتبة ستكون هي القيمة التي ستحقق أصغر قيمة للتباين ضمن كل صنف (minimizing within class variance) (Otsu N, 1979).

لتكن $q1$ و $q2$ تمثل المدرج التكراري لكل صنف من اصناف المرئية P وكما يلي :

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^{t} P(i) \quad \text{.....2}$$

$$q_2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} P(i) \quad \text{.....3}$$

(Otsu N, 1979)

ويتم تعريف التباين (Variance) لكل صنف في المرئية كما يلي :

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^{I} [i - \mu_1(t)]^2 \frac{P(i)}{q1(t)} \quad \text{.....4}$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} [i - \mu_2(t)]^2 \frac{P(i)}{q2(t)} \quad \text{.....5}$$

حيث $\alpha 1 , \alpha 2$ تمثل التباين.

$\mu 1 , \mu 2$ تمثل المعدل (Otsu N, 1979)

i تمثل قيمة شدة الاضاءة لكل نقطة من نقاط المرئية. يتم حساب معدل قيم النقاط $(Mean\ of\ pixel\ values\ \mu 1 , \mu 2)$ لكل صنف كما يلي (Otsu N, 1979) :

$$\mu 1(t) = \sum_{i=1}^{t} \frac{iP(i)}{q1(t)} \quad \text{.....6}$$

$$\mu 2(t) = \sum_{i=i+1}^{I} \frac{iP(i)}{q_2(t)} \quad \text{.....7}$$

$$a^2(t) = \sigma^2 - \sigma^2(t) = q_t[1- q_1(t)][\ \mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad \text{.....8}$$

رياضيا يمكن تحويل مسألة ايجاد اقل تباين ضمن كل صنف (Minimizing within classvariance) الى مسألة تعظيم التباين بين الاصناف (aximizing between class variance)، ويمكن التعبير عن هذه المسألة رياضيا على انها الفرق بين التباين الكلي (Total variance) والتباين من الصنف (within class variance) وكما يلي: (Otsu N, 1979) واخيرا الحل يمثل قيمة (t) التي تعظم (Maximize) $a^2(t)$ (Otsu N, 1979) .

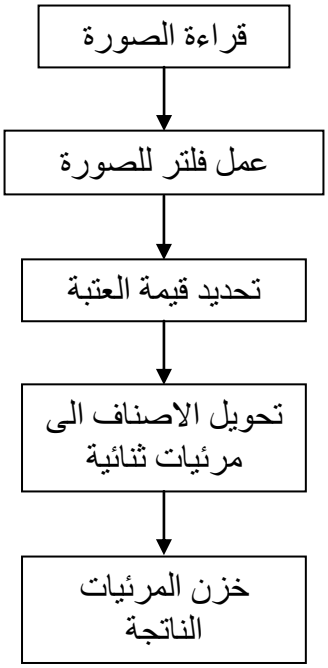
من الممكن ان تحتوي المرئية على اكثر من منطقتين متميزتين لذا قام احد الباحثين بتطوير طريقة (Otsu) وتحويلها الى (Multi-level Thresholding method) لتجزئة نقاط المرئية المضيئة (Pixels) الى اكثر من صنفين (Gerhard X. Ritter *et al.*, 2001). حيث انه اذا كان المدرج التكراري للمرئية يحتوي على ثلاث قمم (Peaks)، عند ذلك يمكن تقطيع المرئية باستخدام قيمتين لحد العتبة. هاتين القيمتين تقسم المرئية الى ثلاث مناطق غير متقاطعة (non-overlapping regions).

اذا كان لدينا مرئية $F(x,y)$ ولدينا قيم حد العتبة $(k1 \ldots kn\ thresholds\ values)$ حيث ان $k_1 > k_2 > \ldots > k_n$

بحيث يتم تحديد قيم حد العتبة k حسب طبيعة المرئية المستخدمة وحسب نوعية التطبيق. وبالتالي يتم تجزئة المرئية الى $n+1$ من الأصناف او المناطق.

3- منهج العمل:

المرئية المستخدمة في هذا البحث ملتقطة لمنطقة البحر الأحمر والتي تحتوي على نوعين من الأغطية الراضية كما في (الشكل 2)، المناطق التي تظهر باللون الاسود تمثل المياه وبقية المناطق تمثل اليابسة. هذه المرئية ملتقطة بواسطة القمر الصناعي الهندي (IRS). تتكون المرئية المستخدمة من 256 صف (Row) و512 عمود (Column). الدقة المكانية (spatial resolution) لكل نقطة من نقاط المرئية تساوي 42 متر. كما اوضح سابقا فان طريقة حد العتبة تستخدم لتجزئة المرئية الى صنفين (Class) او أكثر حسب مفاهيم التحسس النائي. حيث تم في بداية العمل معالجة المرئية بمرشح كاوس لأمرار الترددات الواطئة لتحسين الفصل بين الأصناف. ثم تم معالجة المرئية بخوارزمية (Otsu) لتقطيع المرئية الى مناطق متميزة. أخيرا تم خزن كل منطقة متميزة ناتجة من عملية التقطيع في مرئية ثنائية (Binary Image) منفصلة. وكما في المخطط التالي (الشكل 1):

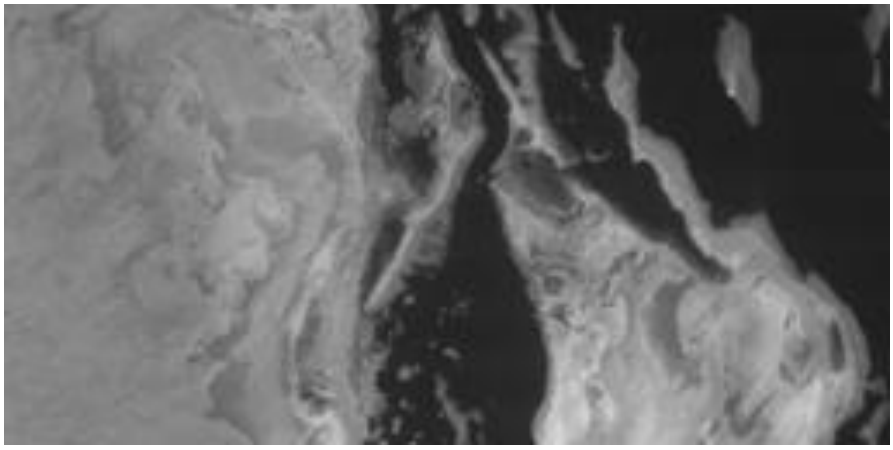


الشكل 1: خطوات وهيكلية العمل.

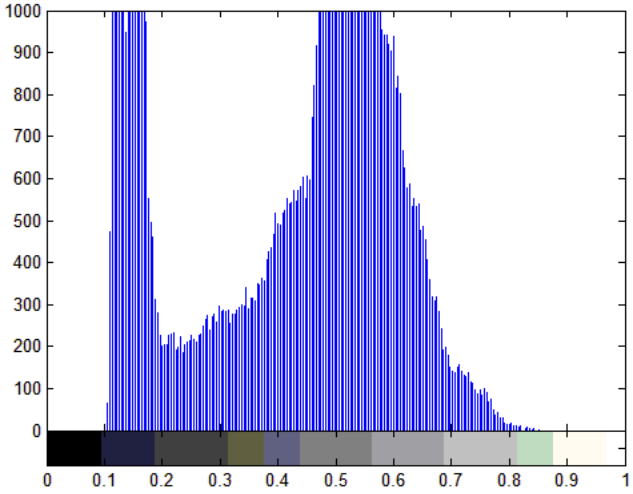
النتائج

ضمن خطوات البحث تم معالجة المرئية بواسطة مرشح كاوس لإمرار الترددات الواطئة (Gaussian low pass filter) للتقليل من تأثير الضوضاء ولتحسين الفصل بين اصناف المرئية باستخدام طريقة (Otsu)، لاحظ (الشكل 2) حيث ان المدرج التكراري للمرئية قبل معالجتها بمرشح

كاوس يحتوي على توزيع ثنائي النمط (bi-modal) والمدرج التكراري للمرئية بعد معالجتها بمرشح كاوس (الشكل 3) يحتوي على توزيع ثنائي النمط ايضا لكن التباين والاختلاف بين قيم المدرج التكراري بعد الترشيح اصبح اكبر وبالتالي فان الفصل بين الاصناف يمكن ان يكون ادق وافضل.

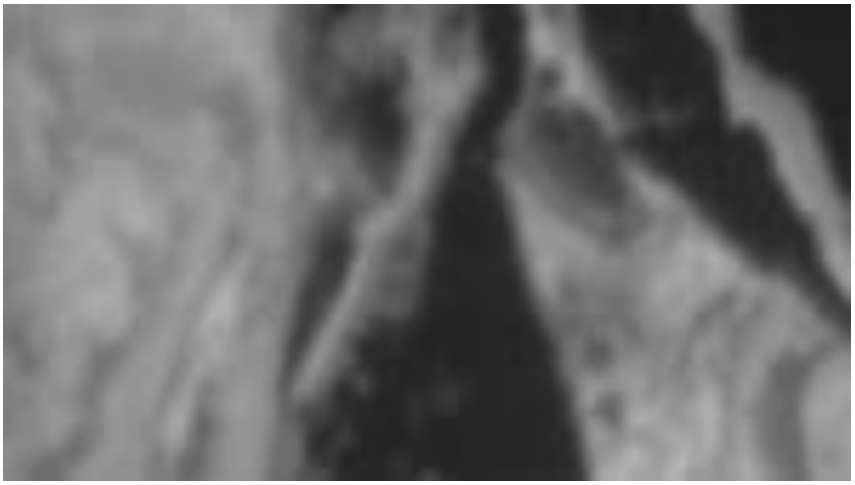


المرئية الاصلية

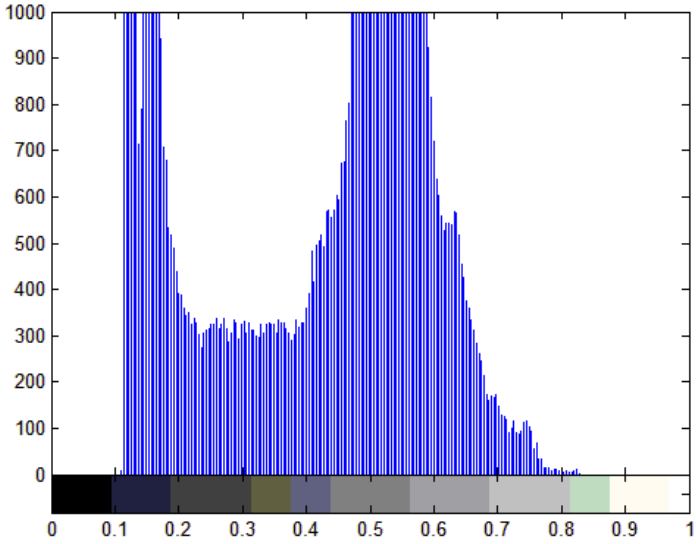


المدرج التكراري للمرئية قبل عملية الترشيح.

الشكل 2: يوضح المرئية المستخدمة والمدرج التكراري لها قبل المعالجة بمرشح الترددات الواطئة.



المرئية بعد معالجتها بمرشح الترددات الواطئة.



المدرج التكراري للمرئية بعد عملية الترشيح.

الشكل 3: يوضح المرئية المستخدمة والمدرج التكراري لها بعد المعالجة بمرشح الترددات الواطئة.

تم تقطيع المرئية باستخدام طريقة (Otsu) الى مرئيات تحتوي على صنفين، هما صنف المياه وصنف الاراضي اليابسة. حيث ان (الشكل 4) يوضح ناتج عملية تقطيع المرئية الاصلية و (الشكل 5) يوضح ناتج تقطيع المرئية الاصلية بعد معالجتها بمرشح كاوس لإمرار الترددات الواطئة. كما هو واضح من (الشكل 5) ان ناتج عملية تقطيع المرئية أكثر دقة بعد استخدام مرشح كاوس لإمرار الترددات الواطئة. حيث ان اللون الاسود يمثل المياه واللون الابيض يمثل الاراضي اليابسة.

الشكل4: ناتج عملية تقطيع المرئية الاصلية.

الشكل5: ناتج عملية تقطيع المرئية الاصلية بعد معالجتها بمرشح الترددات الواطئة.

بعد تقطيع المرئية الى صنفين تم تجزئة المرئية الى طبقتين (Layers). وتم خزن كل طبقة (صنف) في مرئية منفصلة ثنائية الالوان ابيض واسود (Binary image). اللون الابيض يمثل الصنف واللون الاسود ليس له قيمة. حيث الصنف الاول (Layer 1) يمثل المياه والصنف الثاني (Layer 2) يمثل الاراضي اليابسة، انظر (الشكل 6).

Layer 1

Layer 2

الشكل 6: تجزئة المرئية الى طبقتين (Layers).

تشير نتائج البحث الى انه تم تجزئة المرئية الاصلية التي تغطي منطقة البحر الاحمر الى منطقتين متميزتين او صنفين من الاغطية الارضية هما صنف مياه البحر وصنف الاراضي اليابسة ، انظر (الشكل 6). حيث تمتلك عملية تجزئة المرئيات دورا مهما في مجال التحسس النائي. تعتبر هذه العملية الاساس لمعالجات أكثر تعقيدا تستخدم لاستخلاص معلومات مهمة من المرئية مثل قياس مساحة الاراضي،

قياس طول المحيط لمنطقة معينة بالإضافة الى تحديد نوع الغطاء الارضي لكل منطقة متميزة. وهذه المعلومات المستخلصة تلعب دورا مهما في اعداد خرائط الاغطية الارضية وفي اعداد قواعد البيانات لنظم المعلومات الجغرافية.

الاستنتاجات

يمكن الخروج بالاستنتاجات التالية من النتائج والملاحظات المذكورة اعلاه:

1- تمتاز طريقة حد العتبة (Otsu Thresholding) لتقطيع المرئيات (Image segmentation) بسرعة التنفيذ وكفاءة العمل.

2- الاهمية الكبيرة لعملية تقطيع المرئيات في تجزئة المرئية الى مناطق او اصناف متميزة يمكن اجراء مختلف القياسات عليها مثل قياس المساحة والمحيط لكل منطقة مثلا قياس مساحة بحيرة بفصول او سنوات مختلفة لإظهار مدى تزايد المياه او اليابسة على حد سواء.

3- كفاءة استخدام منهج العمل المتبع في البحث لتقطيع مرئيات التحسس النائي الى منطقتين متميزتين او أكثر.

4- عملية تقطيع المرئيات لها اهمية كبيرة في اعداد خرائط تصنيف استعمالات الاراضي (Land use) وفي اعداد خرائط تصنيف الاغطية الارضية (Land cover) باستخدام مرئيات التحسس النائي.

5- تعتبر عملية تقطيع المرئيات من المراحل الاولية المهمة من مراحل اعداد قواعد البيانات لنظم المعلومات الجغرافية (GIS).

المصادر الاجنبية

Dey, V., Zhang Y., Zhong M., 2010. A Review On Image Segmentation Techniques with Remote Sensing Perspective, Iaprs Vol. xxxviii, Part 7A, Vienna, Austria, July 5 - 7, 2010.

Emre, Hamit Kok, Developing an Integrated System for Semi-Automated Segmentation of Remotely Sensed Imagery, Master thesis, Middle East Technical University, Turkey, 2005.

Gerhard X. Ritter and Joseph N. Wilson, Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra, Second Edition, CRC Press, 2001.

John, L. Semmlow, Biosignal and Biomedical Image Processing, published by Marcel Dekker, USA, 2004.

Nikhil, R. Pal and Sankar K. Pal, A Review on Image Segmentation Techniques, Pattern Recognition, , Pattern Recognition Society, Great Britain, Vol. 26, pp. 1277 - 1294, 1993.

Otsu, N., 1979, A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62 - 66.