

## استخدام ألتقنيات الرقمية الحديثة في تصنيف الغطاء الأرضي لأهوار العراق (هور الكرماشية)

د. عبد الرزاق طارش زبون\* ، د. صلاح عبد الحميد صالح\* و علي كريم شايش\*

تاريخ التقديم: 2007/9/3

تاريخ القبول: 2008/9/7

### الخلاصة

إن أهوار منطقة جنوب العراق (هور الحويزة وهور الحمار والاهوار الوسطى) تعتبر من أهم المسطحات المائية في العالم ومن اغني مناطق العالم بالحياة وهي موطن لحضارة وثقافة إنسانية قديمة لحقها الدمار نتيجة انخفاض الموارد المائية وتجفيف الاهوار المتعمد. وتبلغ مساحة الاهوار حوالي 7700 ميل مربع من البحيرات الضحلة الكثيفة الأعشاب والمغطاة بالقصب والبردي والمرتبطة بشبكة من القنوات المائية المعقدة.

وبدأت عملية تردي الاهوار منذ أكثر من عشرين عاماً عندما أخذت كميات المياه الواردة في نهري دجلة والفرات تتناقص بشكل كبير، وبسبب ما شهدته المنطقة خلال الحرب بين العراق وإيران من عمليات عسكرية وقيام حكومة العراق عامي 1985 و 1986 بقص القصب والبردي وتنظيف مساحات شاسعة من أهوار منطقة ميسان. وخلال الفترة 1993 و 1998 قامت الحكومة العراقية بحملة مركزة ومنظمة لتجفيف الاهوار لأغراض سياسية وعسكرية، وقد تدهورت أراضي هذه الاهوار بعد عمليات التجفيف إلى أراضي جرداء تسودها التشققات وأراضي أخرى ذات ملوحة عالية لاتبدي قبولا لأي أنواع الحياة فيها.

يهدف البحث إلى دراسة الغطاء الأرضي لمناطق الاهوار أثناء التجفيف وبعد عملية الصور من الأقمار الفضائية المتوفرة نوع لاندسات الملتقطة 2003 بقدرته (14متر) وأخرى من نوع MODIS لعام 2005 بقدرته (250متر) باستخدام التقنيات الرقمية الحديثة.

### Abstract

The Mesopotamian marshlands, the largest wetland in the Middle East and one of the most outstanding in the world have been lost mainly as a result of drainage and damming. The cause of the decline is mainly as a result of damming upstream as well as drainage schemes since the 1970s. The Tigris and the Euphrates are amongst the most intensively dammed rivers in the world. In the past 40 years, the two rivers have been fragmented by the construction of more than 30 large dams, whose storage capacity is several times greater than the volume of both rivers. Satellite images provide hard evidence that the once extensive marshlands have dried-up and regressed into desert, with vast stretches salt encrusted. Recent satellite imagery shows only limited areas of the marshlands have been reclaimed. The objected of this study was to classify a land cover methodology through digital analysis of historical and new satellite data. Two satellite images, Landsat (TM) and MODIS of AL-Kurmashia Marsh south of Iraq acquired in 2003 (before reflooded) and 2005 (after reflooded).

### المقدمة

وضعت لغرض تجفيف الاهوار وبالفعل جف ما يقارب 90% من مساحاتها في غضون العقدين الاخيرين، انظر الشكل رقم (1). [1] يقع هور الكرماشية ضمن الحدود الادارية لقضاء سوق الشيوخ / ناحية كرامة بني سعيد وجرت تغذيته من الجداول المنقرعة من أيمن نهر الفرات "المجرية، وأم التمن، والكرماشية".

نتيجة لأهمية الاهوار البيئية والاجتماعية والاقتصادية بادرت وزارة الموارد المائية الى عمر 164 ألف دونم بالمياه واعادة "4" اهوار الى الحياة "هور العدل، والكرماشية، وأبو نخلة، وأبو زرك" ضمن الحدود الادارية لمحافظة الناصرية حيث تمت إزالة أكتاف الجداول التي

\*هندسة البناء والانشاءات/الجامعة التكنولوجية

باستخدام الحاسبة الالكترونية. ان نجاح مرحلة التصنيف وكمية المعلومات المستخرجة تعتمد على دقة العملية التدريبية، وهذه المرحلة تحتاج الى تفاعل عميق بين المحلل وبيانات الصورة، وكذلك تحتاج الى معرفة معلومات جغرافية في المنطقة المراد دراستها. والاهم من كل هذا فهي تحتاج الى معرفة مسبقة عن الصفات الطيفية للمعالم التي سيتم تفسيرها. تبدأ المرحلة التدريبية باختيار المساحات التدريبية (Training area) التي تكون ممثلة لكل صنف يراد تفسيره في مرحلة التصنيف. وتختار هذه المساحات باستخدام مصادر معلومات مرجعية (Reference data source) مثل الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية، او تختار من خلال الزيارات الحقلية المباشرة. بعد معرفة المساحات التدريبية وتحديد مواقعها على المعلومات المرجعية يتم تعيينها على المشهد الرقمي وذلك بواسطة تحديد احداثيات الوحدات الصورية. عند اختيار المساحات التدريبية، فمن الضروري اخذ عينات متعددة لنفس الفئة موزعة في مواقع مختلفة على المشهد المستخدم لكي يجمع اكبر عدد من الاختلافات الموجودة للفئة الواحدة نتيجة مواقعها المختلفة، وعندئذ نستطيع ان نقلل من تأثير هذه الاختلافات على دقة التصنيف. بعد تعيين المساحات التدريبية ورسم حدودها تقوم الحاسبة الالكترونية بقراءة القيمة الرقمية (Digital value) للوحدات الواقعة ضمن حدود المساحة التدريبية لكل فئة. وتستخدم هذه القيم في ايجاد الاستجابة الطيفية لكل نوع من الانواع الاغطية الارضية الموجودة. وعند استخدام طريقة تصنيف تعتمد على العمليات الاحصائية مثل (Maximum Likelihood) نحتاج الى جمع عينات تدريبية يكون عدد الوحدات الصورية فيها مساوية لعدد القنوات المستخدمة مضافا اليها وحدة واحدة على الاقل، واستعمال اقل من هذا العدد يؤدي

اذ بلغت مساحة الهور الحالية المغمورة بالمياه بـ "56000" دونم تقريبا، انظر الشكل رقم (2).

كما وأن ملامح عودة الحياة بدأت واضحة حيث شوهد العديد من العائلات المهجرة تعود الى ديارها الى جانب نمو نبات القصب والبردي وممارسة صيد الاسماك وانه من المؤمل في مواسم الفيضانات المقبلة تم تأمين كمية أكبر من المياه لانعاش مساحات أوسع. [2]

### تصنيف الصورة (Image Classification)

ان المقصود بتصنيف الصورة الفضائية الى اقاليم جغرافية حسب لقيم الرقمية لعناصر الصورة ويمكن عمل التصنيف على اساس القيم الرقمية لقناة واحدة او باستخدام معلومات متعددة القنوات ويطلق على التصنيف في قناة واحدة تشريح الكثافة Density Slicing، ان العين البشرية قد يصعب عليها تفسير المرئية باللون الاسود والابيض وذلك لانها تتكون من سلسلة متصلة من تدرج اللون الرمادي Continuous range of gray tone وتسهيلا لعملية التفسير يقسم المقياس الرمادي الى مجموعات حسب كثافتها ثم تعطي كل مجموعة لونا او رمزا معينا، وبذلك يتم الحصول على خريطة نوعية Thematic map ويمكن اجراء عملية التصنيف باسلوبين هما التصنيف الموجه Supervised Classification والتصنيف غير الموجه Unsupervised Classification وفي كل اسلوب هنالك طريقة خاصة في التدريب وهي العملية التي يعلم بها الحاسوب بضوابط التصنيف كعدد الاصناف والمعايير الاحصائية لكل صنف. [3]

### مراحل معالجة الصور الرقمية Digital

#### Image Processing Stages

##### أ- المرحلة التدريبية

#### The Training Stage

تسمى المرحلة التي تسبق مرحلة التصنيف بالمرحلة التدريبية في هذه المرحلة تم استخراج الاستجابة الطيفية (Spectral response) لكل فئة من الاغطية الارضية الموجودة في المشهد، وهذه المرحلة تعد مهمة جداً في عمليات التحليل الاتوماتيكي

عملية التصنيف. ان عمليات التصنيف المستخدمة تعتمد على قناتين او اكثر واحيانا يستوجب استخدام جميع القنوات المتوفرة في النظام، زمع ان زيادة عدد القنوات يعطي مستوى جيد للتصنيف ، ولكن استخدام اقل من ذلك العدد قد يعطي مستوى مقبولاً بلا حاجة الى استخدام قنوات اخرى المكلفة للوقت، هنالك نوعان رئيسيان من التصنيف وهما التصنيف الموجه (Supervised classification) والتصنيف غير الموجه (Unsupervised classification) [4].

وتعرف مراقبة انواع استعمالات الارض والغطاء الارضي على انها عملية تسجيل المتغيرات التي تحصل فيها مع مرور الزمن، وتعتبر المراقبة من اهم العوامل المطلوبة لتوفير الادارة لموارد الطبيعية ولادارة عمليات التنمية والتطوير فب اي منطقة فهي الوسيلة التي تجعل المخططين وغيرهم من المختصين على صلة مستمرة بالتغيرات التي تحصل في المنطقة وبذلك يمكنهم من متابعة تنفيذ الخطط والبرامج الخاصة بالتنمية والمشاريع المختلفة [5].

#### أ- التصنيف الموجه

##### Supervised Classification

ان استخدام الطريقة الموجه للقيام بعملية التصنيف يحتاج الى وجود العينات التدريبية (Training sample) لكل نوع يتوقع وجوده في المنطقة تحت الدراسة. وفي هذه الطريقة تصنف كل وحدة من وحدات الصورة على اساس مدى تقاربها وتطابقها مع العينات التدريبية من ناحية الاستجابة الطيفية وبعض الحسابات الاحصائية. هنالك عدة طرق من التصنيف الموجه، وقد استخدمت في هذا البحث احدي هذه الطرق التي تسمى بالتصنيف الاكثر احتمالية (Maximum Likelihood Classification) ان هذه الطريقة من التصنيف تحسب مقدار الارتباط والاختلاف

الى عدم امكانية حساب الارتباط والاختلاف (Variance and Correlation) لقيم الاستجابة الطيفية لهذه العينات. وعملياً نحتاج الى وحدات صورية بمقدار عشرة اضعاف عدد القنوات المستخدمة، وبصورة عامة يكون حساب معدل الاستجابة الطيفية (Mean Vector) ومصفوفة الارتباط والاختلاف (Covariance matrix) لكل صنف بشكل ادق كلما كان عدد الوحدات الصورية للمجاميع التدريبية اكثر، ولهذا السبب فان استعمال وحدات اكثر يعطي نتائج تصنيف ذات دقة اكبر، وعلى المحلل ان يدقق ما اذا كانت الوحدات موزعة بصورة نظامية (Gaussian) لكل فئة وفي كل قناة مستخدمة، ويكون هذا عند استخدام طريقة تصنيف تعتمد على اساس نظامية. [4]

#### مرحلة التصنيف

##### (The Classification Stage)

ان كل وحدة من الوحدات الصورية للبيانات الرقمية تمثل بقيمة عددية (Digital Number) في كل قناة من قنوات النظام المستخدم في جميع البيانات، يدعى هذا التمثيل بالتوقيع الطيفي (Spectral Signature) الذي يمثل انعكاسية المعالم التي تضمنتها تلك الوحدات وفي مختلف الأطوال الموجية. وعملية التصنيف المتعددة الاطراف (Classification multispectral) عبارة عن عملية استخراج معلومات، وذلك بجمع التواقيع الطيفية المتشابهة مع بعضها البعض. ويعد التعريف الطيفي للهيئة (Spectral pattern recognition) شكلاً من اشكال تعريف الهيئة الاوتوماتيكي الذي يمكن تطبيقه على عدة انواع مختلفة من الحقول والمجالات، وفي هذا البحث تم تصنيف البيانات معتمداً على تشابه قيم الاستجابة الطيفية للمعالم بمدى معين. وهنالك طرق مختلفة من حيث صعوبتها وتعقيدها ودقة نتائجها يمكن استخدامها في

تستخدم هذه الطريقة في حالة عدم توفر العينات التدريبية وأساس عملها يعتمد على كون أي نوع من الأصناف الموجودة في المشهد متكوناً من وحدات صورية ذات قيم متقاربة مع بعضها، وتتضمن هذه الطريقة حسابات رياضية تختبر عدداً كبيراً من الوحدات الصورية المجهولة وتقسيمها إلى مجاميع معتمدة على القيمة الطيفية لكل وحدة من هذه الوحدات، وهناك تقنيات احصائية عديدة متوفرة بشكل برامج جاهزة بالإمكان استخدامها مع الحاسبة الإلكترونية لمل هذه المجاميع ومن أبرز هذه التقنيات عملية التحليل العنقودية (Cluster Analysis) ومن خلال هذه العملية يقوم الباحث بتحديد عدد الأصناف، ثم يوزع للمصنف للقيام بعملية التحليل العنقودية، حيث يبدأ المصنف بتمشيط المشهد لجمع وحساب بعض المقاييس الاحصائية عن الوحدات الصورية لذلك المشهد، وبعدها يقوم بعمل مراكز تسمى (Seeds) بعدد الأصناف المطلوبة، وتمثل هذه المراكز القيمة الوسطية لمعدل الاستجابة الطيفية لكل صنف، وبهذا فإن كل وحدة صورية من وحدات المشهد تتجمع حول المركز الأقرب لها من ناحية الاستجابة الطيفية واستناداً إلى المقاييس الاحصائية وعند نهاية هذه العملية تتكون عدة تجمعات طيفية لأصناف غير معروفة يطلق عليها الأصناف الطيفية. وعلى الباحث أن يقارن هذه الأصناف ببعض المعلومات المرجعية كالصور الجوية والخرائط الطبوغرافية قصد إيجاد هوية الأصناف وتعريفها، وبهذا تكون عملية التصنيف الموجهة تقريباً لفئات معروفة مسبقاً ومن ثم يصار إلى اختيار الانفصالية الطيفية لها، وفي التصنيف غير الموجه نجد في البداية اصنافاً طيفية نرجعها إلى فئات معروفة. [4]

#### تحليل النتائج

تم إجراء التصنيف الرقمي للصورة الملتقطة بالقمر (Landsat) للمتحمس TM

للاستجابة الطيفية للعينات التدريبية مع بعضها، وعلى أساسها يتم توزيع الوحدات الصورية (Pixels) غير المعروفة إلى تلك الفئات المعروفة. ولكي يتم ذلك بشكل سليم فإن هذه الطريقة تستند إلى فرض أن تكون وحدات العينات التدريبية موزعة بصورة نظامية. إن فرض النظامية في توزيع هذه الوحدات يجب أن يكون لجميع القنوات الطيفية المستخدمة، وبذلك يمكن حساب معدل القيمة الطيفية (Mean vector) ومصفوفة نظم الاختلاف والارتباط (Covariance matrix) لكل مجموعة من العينات التدريبية المستخدمة.

وبعد حساب هذه القيم يمكننا إيجاد الاحتمالية وبالطرق الاحصائية لكل وحدة من الوحدات الصورية غير المعروفة لكي يتم تصنيفها كأحد الأصناف الموجودة والمتمثلة بالعينات التدريبية، وهنا تستخدم دالة الكثافة الاحتمالية (Probability density function) لتصنيف هذه الوحدات الصورية، وذلك بحساب قيمة الاحتمالية التي يتوقع بها عائدة تلك الوحدة لكل صنف من الأصناف.

إن نظام الحاسبة الإلكترونية هو الذي يقوم بحساب هذه الاحتمالية وذلك باستخدام البرامج مثل برنامج (EARDAS 8.7) وبعد حسلب الاحتمالية لكل صنف فإن كل وحدة صورية سوف تصنف إلى الصنف الأكثر قرباً إليه، وقد يعرف كمجهول إذا كانت قيمة الاحتمالية أقل من الحد المقرر من قبل المحلل.

إن الحسابات الكثيرة التي تعتمد عليها هذه الطريقة لتصنيف كل وحدة من وحدات الصورة هي الشئ الوحيد في هذه الطريقة الذي يجعلها بطيئة التنفيذ وعالية التكاليف مقارنة بالطرق الأخرى، ومع ذلك فهي تحقق نتائج ذات دقة عالية. [4]

#### ب- التصنيف غير الموجه Unsupervised Classification

وأربع وخمس أصناف من طريقة (K-mean) بالنسبة للتصنيف غير الموجه، انظر الشكل (5). تمتاز طريقة (Isodata) بانها تعتمد في اساسها النظري على اختيار اولى لمراكز الاصناف العناقيد (Cluster) في فضاء السمات Feature Space والذي هو فضاء ابعاده بعدد القنوات الطيفية للصورة الفضائية، كذلك من محاسن هذه الطريقة انها تكون دقيقة اذا كان التوزيع الاحصائي للاصناف (العناقيد) غير طبيعي Non- Normal Distribution ، وكذلك سريعة التنفيذ حاسوبياً وقد تمثلت مساوى هذه الطريقة بحدوث تداخل Overlap بين العناصر المصنفة فضلاً عن ذلك ان بعض عناصر الصورة سوف لاتصنف اصلاً وبذلك يكون من الصعوبة تفسير الاصناف التي تظهر في الخارطة النوعية المستحصلة.

#### الاستنتاجات

1- يوفر التصنيف غير الموجه اختيار عدد كبير من الاصناف دون علم مسبق بمعالم المنطقة المراد تصنيفها، ولكن غالباً ما تكون نتائج غير واقعية بالمقارنة مع التصنيف الموجه ومع ذلك فانها تعطي انطبعا اولياً عن مجاميع البيانات المختلفة وتكون مفيدة جداً ويستخدم في حالة عدم التمكن من الحصول على المعلومات الاولية المسبقة مثل الخرائط والصور الجوية لمنطقة الدراسة وكذلك عدم توفر البيانات التدريبية لمناطق تتخذ كاصناف قياسية ضمن منطقة الدراسة.

2- قدرة التمييز الارضي للصور الفضائية المستخدمة في عملية التصنيف تؤثر في دقة نتائج التصنيف والتفسير فيما بعد حيث كلما كانت قدرة التمييز عالية كانت دقة التصنيف عالية ايضاً. كما وان زيادة عدد القنوات للصور الفضائية يعطي مستوى جيداً للتصنيف.

3- ان نظام التصنيف الذي تم اعداده يمكن ان يكون الاساس للعديد من الدراسات التي تخص استعمالات الارض للمنطقة ويمكن ان يعمم

لمنطقة الدراسة وباستخدام تقنية التصنيف الموجه وغير الموجه، في التصنيف الموجه للصورة الفضائية باختيار خمس عينات تدريب مختلفة تمثل الأصناف الأساسية التي تم ملاحظتها على الصورة، انظر شكل رقم (3) وجدول رقم (1) حيث أستخدمت طريقة الاحتمالية القصوى (Maximum-likelihood) والتي ميزت تفاصيل اكثر من الطرق الأخرى للتصنيف الموجه مثل طريقة المسافة الأقصر (Minimum Distance) وطريقة متوازيات السطوح . (Parallelepiped) إن استخدام مرئية (Landsat) بحزم ذات تباين عال كفيلاً بزيادة قدرة التمييز والحصول على كمية من المعلومات، بسبب التباين الشديد في انعكاسية الظواهر، فكلما كان التباين كبيراً أمكن تمييزه بسهولة والعكس بالعكس. [6]. أما التصنيف الموجه لصورة القمر الصناعي (MODIS) تم باختيار خمس عينات تدريب مختلفة تمثل الأصناف الأساسية للمرئية ولم تظهر تفاصيل دقيقة للغطاء الأرضي كما في صورة القمر الصناعي (Landsat) وذلك بسبب التباين القليل وقدرة تمييزها الضعيفة التي تصل إلى (250متر). انظر شكل رقم (4) وجدول رقم (2) تمتاز طريقة الاحتمالية القصوى (Maximum-Likelihood) بأنها تحسب مقدار الارتباط والاختلاف والاستجابة الطيفية للعينات التدريبية مع بعضها وعلى أساسها يتم توزيع الوحدات الصورية (pixel) غير المعروفة إلى تلك المعروفة ولكي يتم ذلك بشكل سليم فان هذه الطريقة تستند إلى فرض ان تكون وحدات العينات التدريبية موزعة بصورة نظامية.

إما تقنية التصنيف غير الموجه بطريقة (Isodata) هي الأفضل لكونها أظهرت تفاصيل أكثر وأدق للغطاء الأرضي بثلاث

في التقييم الهيدرولوجي لخزان سد حديثة" رسالة مقدمة الى كلية الهندسة- جامعة الانبار، لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية، كانون الأول 2005.

[4]. بوغوص. عامر يوسف "امكانية وسائل التحسس النائي في حصر النخيل في منطقة شط الحلة" رسالة مقدمة الى مركز التحسس النائي- جامعة الموصل، لنيل درجة الماجستير في التحسس النائي، تشرين الاول 1988.

[5]. محمود، مازن نوري " تصنيف ومراقبة استعمالات الارض في مدينة الموصل وما حولها بأستخدام معلومات التحسس النائي المتوفرة" رسالة مقدمة الى مركز التحسس النائي- جامعة الموصل، لنيل درجة الماجستير في التحسس النائي، آذار 1990.

[6]. العاني، رقية أحمد محمد" دراسة تغيرات الغطاء الأرضي لمنطقة بلد بأستخدام طرائق المعالجة الرقمية والتصنيف الآلي لمعطيات التحسس النائي" رسالة مقدمة الى كلية التربية- جامعة تكريت، لنيل درجة الماجستير آداب جغرافية، نيسان 2004.

"Application of remote sensing techniques in the assessment of land use changes in the Karbala region, Iraq"

Keywords:

Remote sensing, GIS, land use, Karbala region, Iraq

Abstract: This study aims to assess the land use changes in the Karbala region, Iraq, using remote sensing techniques. The study area is divided into four zones: the Karbala city, the Karbala region, the Karbala province, and the Karbala governorate. The study uses Landsat satellite data to assess the land use changes in the Karbala region, Iraq, from 1980 to 2000. The study uses the following methods: remote sensing, GIS, and land use classification. The study results show that the land use changes in the Karbala region, Iraq, are mainly due to the expansion of the Karbala city and the Karbala region. The study also shows that the land use changes in the Karbala region, Iraq, are mainly due to the expansion of the Karbala city and the Karbala region.

نظام التصنيف الخاص بمنطقة الدراسة على عموم القطر ، والنتائج تؤكد على مدى الامكانيات التي توفرها بيانات التحسس النائي في مجال اعداد خرائط التصنيف ومراقبة التغييرات في استعمالات الارض ولتوفير معلومات حديثة عن استعمالات الارض المختلفة والتي يمكن ان تستخدم في الاعداد والمتابعة والتنفيذ لعمليات ولخطط وبرامج التنمية على مستوى القطر او الاقليم.

4- اتضح من الدراسة ان المنطقة شهدت تغييراً واضحاً في الفترة المحصورة ما بين 2003-2005 من اكثر الفترات تطوراً في استخدامات الارض ومن اهمها اعادة غمر المنطقة بالمياه من (2.1%) ممثلة بالبحيرات الدائمة قبل الغمر وبعد عملية الغمر اصبحت بنسبة (23.86%) ممثلاً بالمياه العميقة والمياه الضحلة، كذلك تأثرت مساحات الاراضي المزروعة والاراضي الجرداء والتي اظهرتها المرئية (Landsat) والمرئية (MODIS) ، ولا بد من الاشارة الى تداخل بين الاصناف وحدث (mix pixel) مزج بين الاصناف لم يساعد في اظهار مساحات كل صنف بشكل دقيق في مرئية (Landsat) لذلك نلاحظ ان مجموع مساحات الاصناف بعد التصنيف لاتساوي مساحة المنطقة المدروسة للسبب المذكور سابقاً.

## المصادر

[1]. Iraqi Foundation, (2004). Available on line:

<http://imos.grid.unep.ch>

[2]. الجنابي. حسن " في سياق خطة احياء الاهور 164 الف دونمعات اليها المياه في العدل والكرماشية وابي نخلة وابي زرك"، جريدة الصباح، 2005

[3]. النعيمي، أحمد سعود محمد"امكانية تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية



Where:

- $f$  and  $g$  = the two signatures (classes) being compared
- $C_f$  = the covariance matrix of signature  $f$
- $\mu_f$  = the mean vector of signature  $f$
- $\ln$  = the natural logarithm function
- $|C_f|$  = the determinant of  $C_f$  (matrix algebra)

Source: Swain and Dier 1977

According to Jensen, "The JM distance has a saturating behavior with increasing class separation like transformed divergence. However, it is not as computationally efficient as transformed divergence" (Jensen 1996).

#### Separability

Both transformed divergence and Jeffries-Matusita distance have upper and lower bounds. If the calculated divergence is equal to the appropriate upper bound, then the signatures can be said to be totally separable in the bands being studied. A calculated divergence of zero means that the signatures are inseparable.

- + TD is between 0 and 2000.
- + JM is between 0 and 1414.

A separability listing is a report of the computed divergence for every class pair and one band combination. The listing contains every divergence value for the bands studied for every possible pair of signatures.

The separability listing also contains the average divergence and the minimum divergence for the band set. These numbers can be compared to other separability listings (for other band combinations) to determine which set of bands is the most useful for classification.

#### Weight Factors

As with the Bayesian classifier (explained below with maximum likelihood), weight factors may be specified for each signature. These weight factors are based on a *prior* probability that any given pixel belongs to each class. For example, if you know that twice as many pixels should be assigned to Class A as to Class B, then Class A should receive a weight factor that is twice that of Class B.

NOTE: The weight factors do not influence the divergence equations (for TD or JM), but they do influence the report of the best average and best minimum separability.

The weight factors for each signature are used to compute a weighted divergence with the following calculation:

Where:

- $f$  and  $g$  = the two signatures (classes) being compared
- $C_f$  = the covariance matrix of signature  $f$
- $\mu_f$  = the mean vector of signature  $f$
- $\ln$  = the natural logarithm (matrix algebra)
- $\Gamma$  = the gamma function

Source: Swain and Dier 1977

#### Transformed Divergence

The formula for computing Transformed Divergence (TD) is as follows:

$$D_{ij} = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|C_i + C_j|}{|C_i| |C_j|} \right) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|C_i| |C_j|}{|C_i + C_j|} \right) \left( \mu_i - \mu_j \right)^T \left( \mu_i - \mu_j \right)$$

$$TD_{ij} = 2000 \left( 1 - \exp \left( -\frac{TD_{ij}}{2} \right) \right)$$

Where:

- $f$  and  $g$  = the two signatures (classes) being compared
- $C_f$  = the covariance matrix of signature  $f$
- $\mu_f$  = the mean vector of signature  $f$
- $\ln$  = the natural logarithm (matrix algebra)
- $\Gamma$  = the gamma function

Source: Swain and Dier 1977

#### Jeffries-Matusita Distance

The formula for computing Jeffries-Matusita Distance (JM) is as follows:

$$JM = \frac{1}{2} \left( \mu_i - \mu_j \right)^T \left( \frac{C_i + C_j}{2} \right)^{-1} \left( \mu_i - \mu_j \right) + \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|C_i + C_j|}{\sqrt{|C_i| |C_j|}} \right)$$

$$JM_{ij} = \sqrt{2(1 - e^{-\alpha})}$$

$$W_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^c \left( \sum_{j=1}^c f_i f_j M_{ij} \right)}{\frac{1}{2} \left( \sum_{i=1}^c f_i \right)^2 + \sum_{i=1}^c f_i^2}$$

Where

- $i$  and  $j$  = the two signatures (classes) being compared
- $U_{ij}$  = the unweighted divergence between  $i$  and  $j$
- $W_{ij}$  = the weighted divergence between  $i$  and  $j$
- $c$  = the number of signatures (classes)
- $f_i$  = the weight factor for signature  $i$

Probability of Error

The Jeffries-Matusik distance is related to the pair-wise probability of error, which is the probability that a pixel assigned to class  $i$  is actually in class  $j$ . Within a range, this probability can be estimated according to the expression below:






$$\frac{1}{10} (2 - M_{ij}^2)^2 \leq P_{ij} \leq \frac{1}{5} \left( 1 - \frac{1}{2} M_{ij}^2 \right)$$

Where






- $i$  and  $j$  = the signatures (classes) being compared
- $M_{ij}$  = the Jeffries-Matusik distance between  $i$  and  $j$
- $P_{ij}$  = the probability that a pixel is misclassified from  $i$  to  $j$

Source: Gooden and Marks 1977

جدول (1) يوضح البيانات الخاصة للتصنيف الموجه لصورة القمر الصناعي (Landsat).

Classes	Class Color	No. of Pixel	Area (Km <sup>2</sup> )	Percentage (%)
Water		142934	20	2.1
Trees		501239	70	7.36
Natural vegetation and agriculture		2484080	347	36.52
Wetland		195568	27	2.84
Dry land		1288678	180	18.94

جدول (2) يوضح البيانات الخاصة للتصنيف الموجه لصورة القمر الصناعي (MODIS).

Classes	Class Color	No. of Pixel	Area (Km <sup>2</sup> )	Percentage (%)
Deep water		430	25	2.6
Shallow Water		3425	202	21.26
Aquatic Vegetation		1866	110	11.57
Natural vegetation and agriculture		5920	349	36.73
Dry land		4479	264	27.78



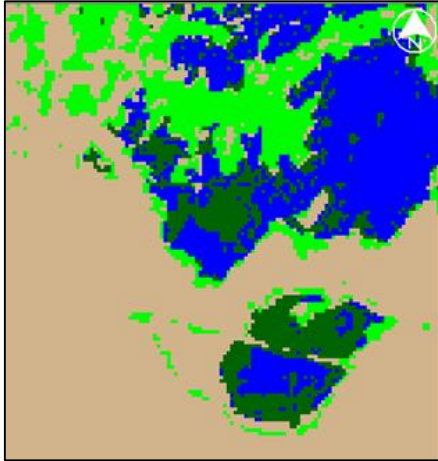


شكل (2) صورة فضائية لهور

للقمر الصناعي (MODIS) لسنة 2005.

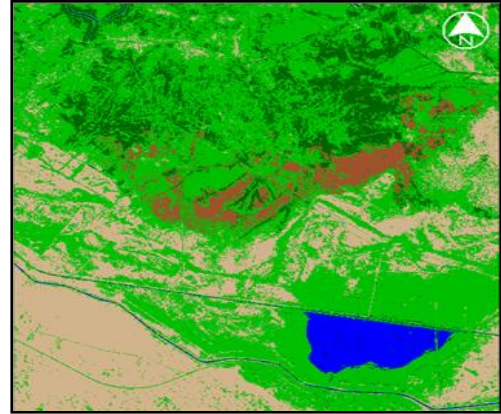
شكل (1) صورة فضائية لهور الكرماشية قبل عملية الغمر  
الكرماشية بعد عملية الغمر

للقمر الصناعي (Landsat) لسنة 2003 .

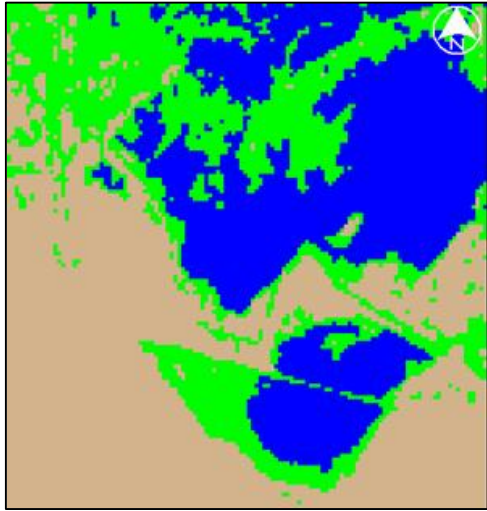


شكل (3) يوضح التصنيف الموجه للغطاء الأرضي لصورة

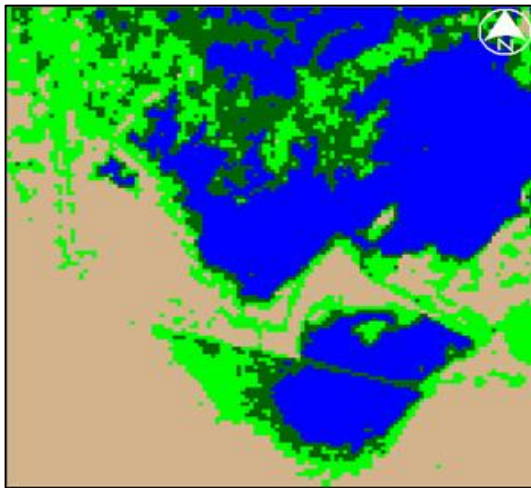
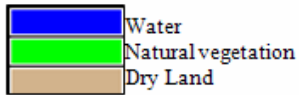
القمر الصناعي Landsat لهور الكرماشية لغطاء الأرضي لصورة القمر

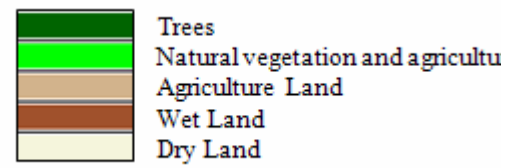
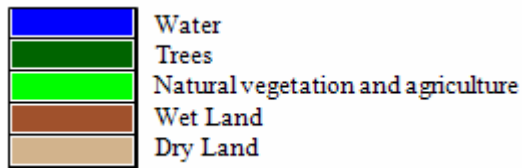
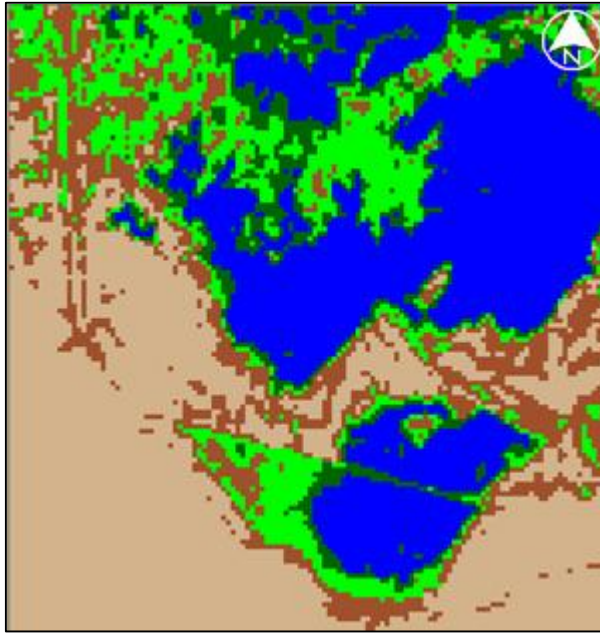


شكل (4) يوضح التصنيف الموجه



قبل عملية الغمر الصناعي MODIS لهور الكرماشية بعد عملية الغمر (2005).  
(2003).





شكل (5) يوضح التصنيف غير الموجه لمنطقة الدراسة قبل وبعد الاعمار بثلاث واربع وخمس اصناف.