

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

---

**Clasificación de Imágenes de Superficie  
Terrestre Mediante Técnicas Basadas en ELM**

---

*Autor:*  
**Javier López Fandiño**

*Directores:*  
**Prof. Dña. Dora Blanco  
Heras  
Prof. D. Francisco Argüello  
Pedreira**

**Proyecto Fin de Máster en Tecnoloxías da Información**

**Febrero 2014**

Trabajo de Fin de Máster presentado en la Escola Técnica Superior de Enxeñaría de la Universidade de Santiago de Compostela para la obtención del Máster en Tecnoloxías da Información





**Dña. Dora Blanco Heras**, Profesora del Departamento de Electrónica e Computación de la Universidade de Santiago de Compostela, y **D. Francisco Argüello Pedreira**, Profesor del Departamento de Electrónica e Computación de la Universidade de Santiago de Compostela,

INFORMAN:

Que la presente memoria, titulada *Clasificación de Imágenes de Superficie Terrestre Mediante Técnicas Basadas en ELM*, presentada por **Javier López Fandiño** para superar los créditos correspondientes al Trabajo de Fin de Máster de la titulación de Máster en Tecnoloxías da Información, se realizó bajo nuestra dirección en el Departamento de Electrónica e Computación de la Universidade de Santiago de Compostela.

Y para que así conste a los efectos oportunos, expiden el presente informe en Santiago de Compostela, a (20/02/2014):

El director,

El codirector,

El alumno,

Dora Blanco Heras    Francisco Argüello Pedreira    Javier López Fandiño



## 1. Resumen

Los algoritmos de procesamiento de imágenes, en general, y los algoritmos de procesamiento de imágenes hiperespectrales, en particular, son computacionalmente muy costosos, lo que los convierte en buenos candidatos para el modelo SIMD de procesamiento en GPU. En este trabajo se presenta una implementación eficiente en GPU para un esquema de clasificación espectral-espacial de imágenes hiperespectrales. El procesamiento espacial está basado en una transformación divisoria por inundación (*Watershed*) aplicada después de reducir la imagen hiperespectral a una única banda mediante un gradiente morfológico. La clasificación hiperespectral es provista por una técnica basada en ELM (Extreme Learning Machine). ELM puede ser expresado en términos de operaciones matriciales de forma que pueda sacar el máximo provecho de la arquitectura de las GPU obteniendo resultados competitivos en comparación con una estrategia tradicional basada en SVM en cuanto a precisión con unos tiempos de ejecución significativamente menores. Para mejorar los resultados de ELM, se aplica un algoritmo de regularización espacial y, además, también se considera el uso de agrupaciones de ELMs. Para obtener el resultado final de la clasificación espectral-espacial se aplica un algoritmo adaptativo de voto de la mayoría a los resultados previamente obtenidos.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que ELM es un clasificador adecuado para su uso en el procesamiento de imágenes hiperespectrales en GPU, puesto que, para todas las configuraciones tanto espectrales como espectrales-espaciales desarrolladas, obtiene resultados de precisión competitivos con los obtenidos por un clasificador SVM, ampliamente utilizado en este ámbito, con tiempos de ejecución notablemente inferiores.

## 2. Objetivos

- ✓ Estudiar la validez de técnicas basadas en ELM para la correcta clasificación de imágenes hiperespectrales en el ámbito del sensado remoto de imágenes de superficie terrestre. Se considerará el uso de agrupaciones de ELM para mejorar los resultados obtenidos.
- ✓ Estudiar la adecuación de los algoritmos de clasificación basados en ELM para su uso en la etapa espectral de un esquema de clasificación espectral-espacial.
- ✓ Probar distintas técnicas de combinación de información espectral y espacial para mejorar los resultados de precisión de los clasificadores espectrales basados en ELM desarrollados, incluyendo la transformación divisoria por inundación (*Watershed*), el gradiente morfológico y la regularización espacial basada en información del vecindario próximo.

- ✓ Implementar los algoritmos desarrollados en GPU mediante el lenguaje de programación CUDA con la finalidad de hacerlos válidos para el procesamiento de imagen en tiempo real.
- ✓ Optimizar los algoritmos desarrollados en CPU utilizando OpenMP para permitir una correcta comparativa del rendimiento obtenido en CPU y GPU por los distintos algoritmos.
- ✓ Comparar todas las técnicas desarrolladas con las técnicas equivalentes basadas en SVM.

## A. Material Presentado

Junto con este documento se adjunta el artículo científico titulado '*Efficient Spectral-Spatial Classification of Hyperspectral Images on Commodity GPUs Using ELM-based Techniques*', enviado para su publicación en el '*IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*' publicado por la '*IEEE Geoscience and Remote Sensing Society*'.