

연구논문

고해상도 위성영상의 분류를 위한 형상 기반 분류 소프트웨어 개발 Development of Feature-based Classification Software for High Resolution Satellite Imagery

정 수* · 이창노**

Jeong, Soo · Lee, Changno

요 旨

본 연구에서는 고해상도 위성영상의 분류에 적합한 형상 기반 분류 소프트웨어를 개발하기 위한 연구를 수행하였다. 형상 기반 분류에 필요한 영상분할과 피지 기반의 분류 알고리즘을 개발하고, 형상 기반 분류에 요구되는 다양한 요소들을 고려하여 사용자와의 원활한 상호작용을 지원하기 위한 사용자 인터페이스를 구현하였다. 개발된 소프트웨어의 성능을 평가하고자 본 연구에서 개발된 소프트웨어와 현재 전 세계적으로 널리 보급되고 있는 형상 기반 분류 관련 상용 소프트웨어인 eCognition을 적용하여 동일한 영상을 시험적으로 처리해 본 결과 유사한 영상 분류결과를 얻을 수 있었다. 영상분할의 경우에는 본 연구에서 개발한 소프트웨어의 처리속도가 우수하였다. 형상 기반 분류를 수행하는 데에는 프로그램과 사용자간의 고도의 상호작용이 요구되므로, 향후에 이를 편리하게 하기 위한 사용자 인터페이스의 보완이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

핵심용어 : 형상 기반 분류, 영상 분류, 고해상도 위성영상

Abstract

In this paper, we investigated a method for feature-based classification to develop a software which is suitable for the classification of high resolution satellite imagery. We developed algorithms for image segmentation and fuzzy-based classification required for feature-based classification and designed user interfaces to support interaction with user, considering various elements required for the feature-based classification.

Evaluation of the software was accomplished using real image. Classification results were compared and analysed with eCognition software which is unique commercial software for feature-based classification. The classification results from both softwares showed essentially same results and the developed software showed better result in the processing speed.

Keywords : feature based classification, classification, high resolution satellite imagery

1. 서 론

최근 IKONOS와 같은 공간해상도 5m급 이하의 고해상도 다중분광 위성영상이 나오게 됨에 따라 과거에는 위성영상으로부터 얻을 수 없었던 정밀 토지이용분류가 가능하게 되었다(Ridley et al. 1997, Jensen and Cowen 1999).

종래의 중저해상도의 위성영상과는 달리 고해상도 위성영상은 대상물의 형태가 세밀하게 표현되므로 기존의 중저해상도 위성영상에 적용되었던 분류방법을 적용할 경우에 원하는 결과를 얻지 못할 가능성이 있다. 예를

들어 도로의 경우, 종래의 중저해상도 위성영상에서는, 단일한 색의 선형으로 표현되었지만, 고해상도 위성영상에서는 중앙차선, 횡단보도, 가로수, 자동차 등의 여러 가지 개체를 포함하는 형태로 표현된다.

현재 대부분의 영상처리 활용분야에 이용되는 전통적인 화소기반의 분류기법은 대상물을 형태보다는 분광 특성에 의존하여 분석을 수행하였던 1970년대의 중저해상도 위성영상의 분석 개념을 벗어나지 못하고 있다(Blaschke et al. 2000, Blaschke and Strobl, 2001). 이러한 화소를 기반으로 하는 분광 특성분석 위주의 전통적 분류기법의 한계를 극복하기 위해 최근에는 분광특성 뿐 아니라 대

2004년 5월 19일 접수, 2004년 5월 29일 채택

* 정희원 · ETRI 공간정보연구팀 선임연구원 (soo@etri.co.kr)

** ETRI 공간정보연구팀 선임연구원

상물의 공간 특성을 고려한 형상 기반 분류 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

형상 기반 분류 기법은 종래의 분류 방법과 비교해 볼 때 무감독 분류 방법 보다는 감독 분류 방법에 가까우며, 클래스로 대변되는 각 분류 요소들의 형상 특성을 사용자가 상호작용하여 입력해주어야 하므로, 사용자가 원하는 분류 결과를 도출하는 데에는 탁월하지만, 사용자 인터페이스가 종래의 분류 방법에 비해 매우 중요하다. 따라서, 퍼지 기법이나 지식 기반 분류 방법 등을 도입하여 사용자의 편의를 최대한 제공할 필요가 있다.

본 연구에서는 형상 기반 분류 기술을 소프트웨어로 개발하고자 하였다. 따라서 형상 기반 분류 방법에 필요한 여러 가지 요소들을 고려하여 알고리즘을 개발하고, 편리한 사용자 인터페이스 환경을 설계하기 위한 여러 가지 요소들을 고찰하였다.

2. 시스템 구성

형상 기반 분류 기술은 근래에 개발이 되었으며, 현재 까지도 연구가 진행 중에 있다. 현재까지는 형상 기반 분류 기술을 제공하는 소프트웨어로서 전 세계적으로 보급되고 있는 상용 제품으로서 독일 Definiens 사의 eCognition 소프트웨어가 있다. eCognition 소프트웨어는 형상 기반 분류 기술을 최초로 상용 소프트웨어로 구현하였으며 이의 활용이 여러 분야에서 이루어진 바 있다.

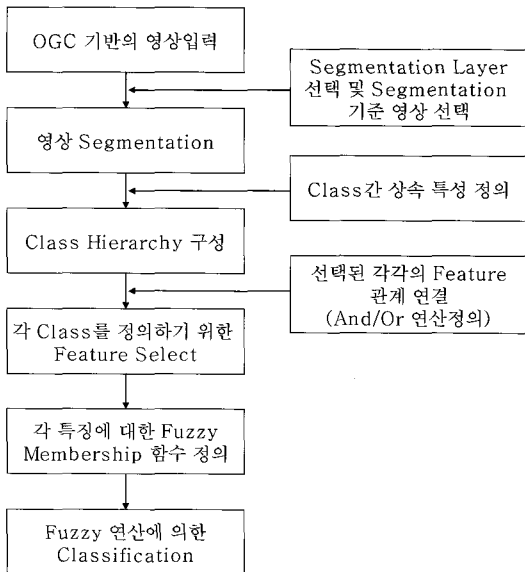


그림 1. 시스템 흐름도

이 연구에서는 사용자 인터페이스의 관점에서 eCognition 소프트웨어를 분석하였으며, 분석된 결과를 반영하여 그림 1과 같이 프로그램의 흐름도를 설계하였다. 본 연구에서 개발된 처리 알고리즘은 eCognition 소프트웨어에서의 처리 알고리즘과는 별도로 개발되었으므로, eCognition 소프트웨어의 분석은 오로지 사용자 인터페이스의 관점에서 이루어졌으며, 처리 알고리즘에 대한 분석은 수행하지 않았다.

그림 1의 흐름도는 영상분할을 수행하는 첫 번째 단계와 퍼지 멤버십 함수를 이용하여 분할된 영상을 기반으로 분류를 수행하는 두 번째 단계로 구분할 수 있다. 이러한 개념은 eCognition 소프트웨어의 분석에 의해 도출되었지만, 영상분할이나 퍼지 기반의 영상 분류 등의 세부 알고리즘은 이 연구에서 독자적으로 구현되었다.

그림 2는 본 연구에서 개발한 시스템의 구성을 나타내고 있다.

3. 소프트웨어 개발

본 연구에서의 소프트웨어 개발은 Microsoft사의 Visual Studio 6.0 개발 환경에서 Visual C++ 프로그래밍 언어를 사용하여 개발하였다. 각 모듈은 Microsoft COM 기반의 컴포넌트로 개발하였으며, 사용자 인터페이스 부분은 Microsoft사의 MFC를 활용하여 윈도 프로그램으로 개발하였다. 본 연구에서는 개발 틀 외에 소프트웨어 라이브러리를 전혀 사용하지 않고 개발을 수행하였다.

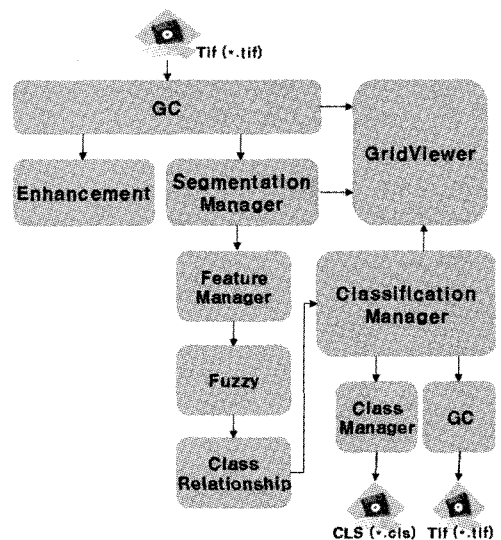


그림 2. 본 연구에서 개발한 시스템의 구성도

3.1 입력부

소프트웨어의 입력부분은 개방형 GIS 관련 국제표준 단체인 Open GIS Consortium의 Grid Coverage 표준 사양을 기반으로 하여 소프트웨어 컴포넌트로 개발하였다 (전파연구소 2003). 따라서, 다양한 종류의 위성영상에 대한 상호운용성이 지원되며 동일한 방법에 의해 영상의 입력이 가능할 뿐만 아니라 시스템의 확장도 용이하다 (Kim et al. 2001). 특히, 고해상도 위성영상이 대부분 대용량인 점을 감안하여, 본 연구에서 개발한 영상 입력력 컴포넌트는 Grid Coverage 표준 사양을 준수하되 대용량의 위성영상을 효율적으로 다룰 수 있도록 개발하였다.

3.2 영상분할 파장대 및 기준영상 선택

다중 파장대 위성영상의 경우, 어떠한 형상이 특정 파장대에서 다른 파장대에 비해 뚜렷이 나타나게 되는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서 개발한 소프트웨어에서는 분류하고자 하는 형상을 가장 뚜렷하게 나타내는 영상 파장대를 선택함으로써 보다 정확한 영상분할의 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

영상분할은 도심연결법(centroid linkage method)를 사용하는 영역합병(region merging) 의한 분할 방법을 적용하였다. 즉, 그림 3에서 영상을 스캐닝 방향에 따라 검색하면서 영상소 x_0 를 포함하는 영역의 평균값을 x_0 에 이웃하는 영상소 x_1 과 x_2 를 포함하는 영역의 평균과 비교한 다음에 두 영역의 레이블이 다르고 평균과 크기차가 사용자의 설정값(threshold value) 이내이면 영상소 x_0 를 포함하는 영역의 레이블을 영상소 x_1 과 x_2 를 포함하는 영역의 레이블로 변경한다. 그리고 다음 영상소에 대해 반복적인 작업을 수행함으로써 영상분할을 수행하게 된다.

본 연구에서 개발한 도심연결법을 사용하는 영역합병 영상분할 방법은 도심연결 영역확장법(Haralick et al. 1985)과 양이웃 도심연결 영역확장법(Hong and Kim 1991)을 최적화하여 개발하였으며, 모듈의 구성은 그림 4와 같다.

형상 기반 분류기법은 기존의 분류기법과는 달리, 분

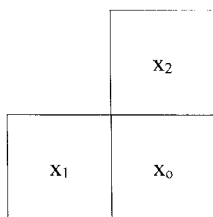
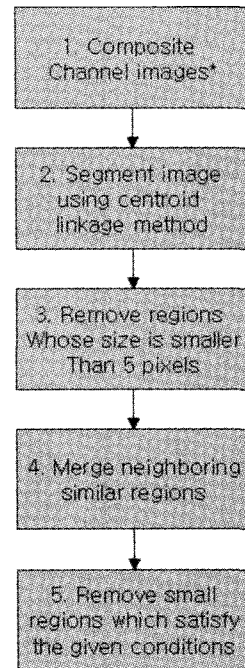


그림 3. 도심연결법을 사용하는 영역합병 의한 영상분할

류를 위한 최소 분류 단위가 영상소가 아닌 분할된 영역이 되므로 영상소를 기본 단위로 하는 경우에 비해 영상 노이즈의 영향을 훨씬 적게 받는다. 또한 각각의 분할된 영역들은 비슷한 특성을 가지고 있는 것들끼리 그룹화할 수 있으므로, 이를 통해 분류의 정확도를 높일 수 있다.

그림 5에는 본 소프트웨어에서 영상분할을 수행한 결과를 나타내고 있다.



$$* I(x_1, y_1) = \sqrt{I_1^2(x_1, y_1) + I_2^2(x_1, y_1) + \dots + I_n^2(x_1, y_1)}$$

그림 4. 영상분할 모듈 구성



그림 5. 영상 분할

3.3 클래스 체계 구성 및 상속 특성 정의

클래스 체계(hierarchy)는 본 연구에서 개발한 소프트웨어에 의해서 분류해 내하고자 하는 분류의 범주를 정하는 모듈이다. 기본적으로 이는 트리 구조를 이용하며, 트리 관계를 통해 클래스의 상속성을 정의할 수 있다. 트리 구조에서의 속성은 트리를 구성하는 각각의 노드에 대하여 해당 노드를 정의할 수 있는 고유의 특성을 정의하고, 정의된 고유의 특성과 트리에서의 상위 노드가 가지고 있는 특성을 퍼지로 결합함으로써 구현하였다.

3.4 클래스를 정의하기 위한 형상 선정

클래스 체계의 각 노드를 구성하는 클래스들을 분류하기 위해서는 클래스별 특성을 나타내기 위한 형상을 정의하여야 한다. 본 연구에서는 각 클래스의 특성을 그림 7와 같이 레이어값(layer value), 형상(forms), 텍스처(texture) 등 하나의 분할 영역이 가지고 있는 특성을 이용하는 객체 형상과 각 분할 영역 사이의 관계를 이용하는 클래스 관련 형상으로 구분하였다. 그러나, 이 연구에서는 레이어 값에 해당하는 분할영역의 평균값과 표준편차에 대해서만 특성 정의 기능을 하였고, 나머지 특성 요소에 대한 것은 향후에 구현할 예정이다. 특성을 정의하는 것은 영상 파장대 간의 상이한 특성이 반영될 수 있도록 사용자가 선택한 파장대에 대해 수행이 될 수 있도록 하였다. 가령 Landsat 위성의 경우 수체의 분류를 위해서는 수체의 구분이 용이한 4번 파장대를 선택하여 영상 분류를 수행하는 것이 가능하도록 하였다.

3.5 형상 관계의 정의

하나의 클래스는 여러 개의 퍼지 멤버 함수의 조합으로써 이루어진다. 이때 각각의 퍼지 멤버를 어떻게 연결하는가에 따라서 분류 결과가 달라지게 되며, 이러한 퍼지 멤버의 연결을 형상 관계(feature relation)라고 한다. 본 연구에서 개발한 소프트웨어에서는 And(min)와 Or(max), 두 개의 관계를 설정할 수 있도록 하였다. And

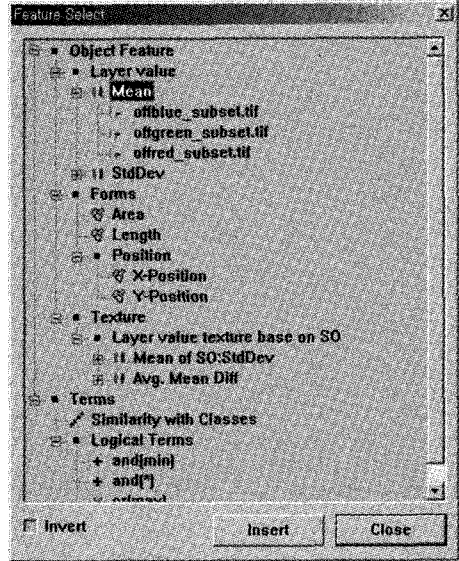


그림 7. 클래스를 정의하기 위한 형상 선정 기능

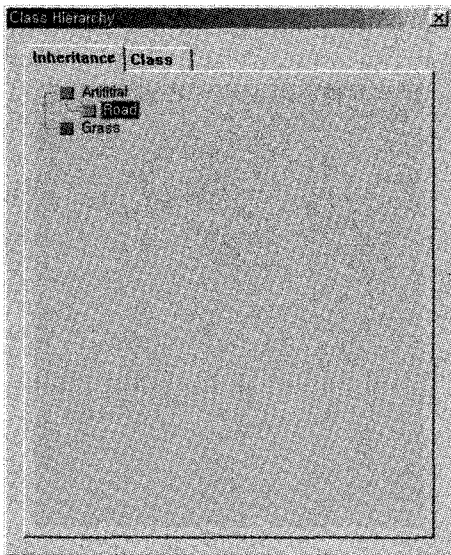


그림 6. 클래스 체계

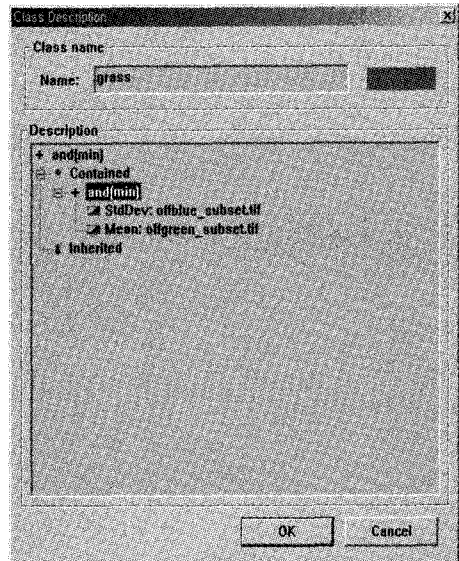


그림 8. 형상 관계의 정의 기능

(min) 함수는 여러 개의 퍼지 멤버들로부터 퍼지 멤버십 값이 최소인 값을 얻기 위한 함수이다. 이는 여러 퍼지 멤버를 동시에 만족하는 특성을 정의한다. Or(max)는 여러 개의 퍼지 멤버로부터 멤버십 값이 최대인 값을 얻기 위한 함수이다. 이는 각각의 멤버 함수 중에서 하나라도 주어진 조건에 만족하는 특징을 정의한다.

3.6 퍼지 멤버 함수의 정의

본 연구에서 개발한 소프트웨어에서는 5종류의 기본적인 멤버 함수 형태를 정의할 수 있도록 하였으며, 사용자가 분류하고자 하는 특성에 적합하도록 함수 형태를 변경할 수 있도록 하였다. 즉, 퍼지 멤버 함수를 통해 영상 분류를 보다 정밀하게 수행할 수 있도록 하였다.

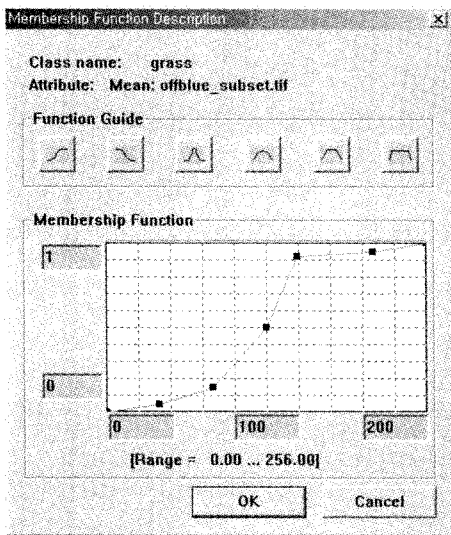


그림 9. 멤버십 함수 정의

3.7 퍼지 연산에 의한 분류

클래스 체계를 구성하여 각 클래스 별로 특성을 정의하고, 정의된 클래스가 가지고 있는 고유의 특성과 상속 특성을 퍼지 관계에 따라 분석함으로써 분류 결과를 얻을 수 있다. 이때 분류 결과는 정의된 퍼지 멤버 함수가 어느 정도나 해당 클래스를 대표할 수 있는가와 해당 멤버 함수를 어떻게 조합하는가에 따라 결과의 정확도가 좌우된다.

4. 비교 검토

4.1 영상 분할

형상 기반 분류 기술은 영상분할을 수행하는 첫 번째 단계와 퍼지 멤버십 함수를 이용하여 분할된 영상을 기반으로 분류를 수행하는 두 번째 단계로 구분된다. 따라서, 첫 번째 단계인 영상분할이 원활하게 수행되어야만 다음 단계에서 정확한 분류를 수행할 수 있다. 본 연구에서는 개발한 소프트웨어의 영상분할 결과는 eCognition 소프트웨어의 결과와 비교를 수행하였다. 영상분할의 결과가 최종결과가 아닌 중간성과의 성격을 가지므로 직접적인 성능 면에 있어서는 비교가 곤란하였으나, 그림 5와 그림 11을 비교해 보면 본 연구에서 개발한 소프트웨어가 기본적으로는 영상을 구성하는 개체의 형태에 더 적합하게 분할된다는 것을 육안으로 확인할 수 있다. 그러나 이러한 것도 사용자의 상호작용에 의해 매개변수를 선택함에 따라 분할의 수준을 조절할 수 있으므로 절대적으로 성능을 비교하는 것이 곤란하다. 단, 그림 10 및 그림 11과 같이 동일 영상에 대해 적용해 본 결과, 동일한 사용자 지정값을 적용할 경우에 본 연구에서 개발한 소프트웨어의 영상분할 속도가 eCognition 소프트웨어

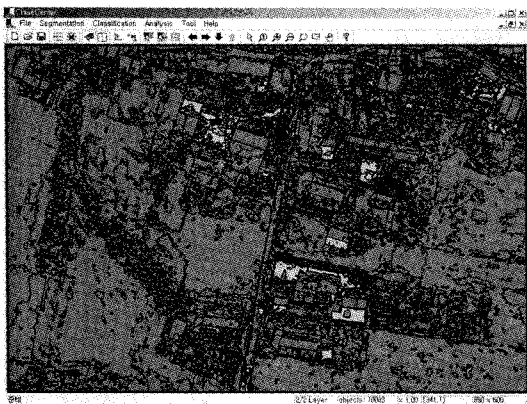


그림 10. 분류 결과

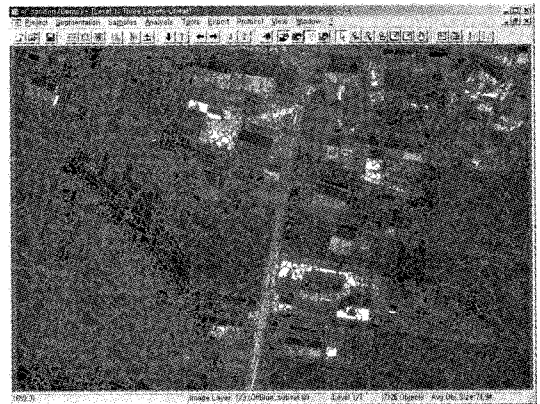
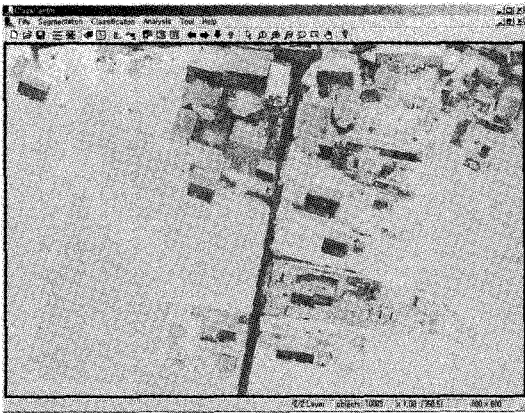


그림 11. eCognition 소프트웨어의 분할



(a) 본 연구의 분류 결과



(b) eCognition 소프트웨어의 분류 결과

Fig. 12. 분류 결과 비교

에 비해 빠른 것으로 나타났다. 이것은 본 연구의 영상분할 알고리즘과 eCognition 소프트웨어의 영상분할 알고리즘이 상이하기 때문이며, eCognition 소프트웨어의 영상분할 알고리즘이 공개되어 있지 않아 보다 세부적인 비교 분석은 곤란하였다.

4.2 영상 분류

그림 12는 동일한 영상에 대해 본 연구에서 개발한 소프트웨어에 의해 영상 분류한 결과(a)와 eCognition 소프트웨어에 의해 분류한 결과(b)를 나타내고 있다. 두 결과물의 각각에 대한 색상 할당이 다소 차이가 나기는 하지만, 육안으로 비교해 볼 때 거의 유사한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

형상 기반 분류 기법의 목적이 영상의 분류의 자동화 보다는 사용자와의 체계적인 상호작용을 지원하는 것임

을 비추어볼 때, 본 연구이 결과나 eCognition 소프트웨어의 결과 모두 소프트웨어의 성능보다는 사용자의 숙련도나 작업환경이 더 큰 영향을 미치게 되므로, 단순히 결과만으로 성능을 비교하는 것이 곤란하다.

본 연구에서의 결과 비교를 위해 동일한 작업자의 작업 수행시간을 비교해 보았을 때는 작업 시간의 현격한 차이는 없었다. 단, 본 연구를 수행함에 있어서 요구분석 단계에서 eCognition 소프트웨어를 철저히 분석한 바 있으므로, 이를 감안하여 몇 가지 사용자 인터페이스를 eCognition 소프트웨어 보다 편리하게 하고자 하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 형상 기반 영상 분류 기능을 수행하기 위한 소프트웨어 개발하였으며, 개발된 소프트웨어를 현재 기존의 상용 제품인 eCognition 소프트웨어와 비교 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 그 결과 상용 제품인 eCognition 소프트웨어와 유사한 성능과 사용자 인터페이스를 갖는 소프트웨어를 개발할 수 있었다.
2. 형상 기반 분류 소프트웨어를 실용화하기 위해서는 형상 특성 정의 기능과 사용자 인터페이스의 성능 향상이 중요한 것을 알 수 있었다.
3. 형상 기반 분류에서 클래스의 특성을 설정하고 적절한 퍼지 멤버함수를 선정하는 것은 매우 전문적인 업무이므로, 숙련되지 않은 비전문가가 수행하기 매우 어려우므로, 향후에 형상 기반 분류 소프트웨어에서 이를 편리하게 지원해주기 위한 방안이 모색되어야 함을 알 수 있었다.
4. 비전문가들도 편리하고 정확하게 영상 분류를 수행할 수 있는 형상 기반 분류 소프트웨어가 개발되면, 많은 분야에서 위성영상의 활용도가 높아질 것으로 예측되며, 본 연구를 통해 이를 위한 기반 기술을 확립할 수 있었다.

참고문헌

1. 전파연구소, 위성영상 처리 공통 컴포넌트 소프트웨어 개발, 전파연구소 보고서, 2003, pp. 40-45.
2. Blaschke, T. and Strobl, J., "What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS", *GIS-Zeitschrift für Geoinformationssysteme* 6/2001, pp. 12-17.
3. Blaschke, T., S. Lang, E. Lorup, J. Strobl, and P. Zeil, "Object-oriented image processing in an integrated

- GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications”, *Umweltinformation fur Planung, Politik und Offentlichkeit*, Marburg, Metropolis Verlag, Vol. 2, 2000, pp. 555–570.
4. Haralick R. M. and L. G. Shapiro, “Image segmentation techniques”, *Computer Vision, Graphic and Image Processing* 29, 1985, pp. 100–132.
 5. Hong W.H. and N.C. Kim, “Image coding using HVS-based segmentation”, *J,KITE*, vol. 28-B, 1991, pp.45–52.
 6. Jensen, J. and D. Cowen, “Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes”, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 65, No. 5, 1999, pp. 611–622.
 7. Kim K. S., H. Choi, J. H. Lee, “The Implementation of Grid Coverage Processing Component in the OpenGIS’s Grid Coverage Specification”, *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing*, 2001, pp. 225–228.
 8. Kressler F. P., Y. Kim, K. T. Steinnocher, “Segmentation-based Urban Land Cover Mapping from Kompsat EOC Images”, *Proceedings of the Korean Society of Remote Sensing*, 2003, pp. 588–595.
 9. Ridley, H., P. Atkinson, P. Aplin, J-P.Muller and I. Dowman, “Evaluation the potential of the forthcoming commercial U.S. high-resolution satellite sensor imagery at the Ordnance Survey”, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 63, No. 8, 1997, pp. 997–1005.