규칙기반 영상분류 방법의 제주도 지역의 적용

Application of the Rule-Based Image Classification Method to Jeju Island

이진아* 이성순**

Jin-A Lee Sung-Soon Lee

요약 지형지물은 각각의 특징적 요인을 내포하고 있어 촬영된 위성영상에 반영된다. 촬영시기가 다른 영상을 통하여 변화에 대한 정보를 얻을 수 있다. 다중시기 영상을 무감독 방법으로 분류할 수 있다면 영상 분류의 정확도를 높여 주고, 여러 응용분야에 기여할 수 있다. 규칙기반 영상분류 알고리즘은 사람의 직접적인 개입이 없이 자동화된 방법으로 처리 되도록 개발되었으나, 불완전 요소에 결과가 영향 받는지 확인되어야 한다. 이 연구에서는 제주도 지역의 Landsat 영상으로 규칙기반 영상분류를 수행하였다. 영상의 구름의 존재하고 촬영시기의 차이가 있는 경우, 대상지가 도시, 산지, 농지 등 복합적인 경우에 대하여 적용 결과를 확인하였다. 구름이 있는 부분의 경우, 계수에 영향을 주지 않았으며, 촬영시기의 차이에 따라 분류규칙이 적절이 반영되었다. 제주시 도시지역의 확장, 서귀포시의 비닐하우스 등의 시설물 개체 수 증가 등을 파악 할 수 있었다. 제주도 지역의 공간정보 변화 파악과 분류 정확도를 얻을 수 있었다. 양질의 무감독 분류가 수행되는 것을 목표로 하여 방법의 일반화 및 개선방안을 모색하고자 하였다. 향후 도시개발, 환경변화 모니터링 등 영상 시계열 분석에 다양하게 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 원격탐사, 규칙기반분류, 무감독분류, 시계열분석, Landsat

Abstract Geographic features are reflected in satellite images, which contain characteristic elements. Information on changes can be obtained through a comparison of images taken at different times. If multi-temporal images can be classified through the use of an unsupervised method, this is likely to improve the accuracy of image classification and contribute to various applications. A rule-based image classification algorithm for automatic processing without human involvement has been developed, but it must be verified that its results are not affected by imperfect elements. In this study, Landsat images of Jeju Island were used to carry out a rule-based image classification. The application results were examined for complex cases, including the presence of clouds in the images, different photographed times, and the type of target area, such as city, mountain, or field. The presence of clouds did not affect calculations, and appropriate classification rules were applied, depending on the different photographed times. The expansion of the urban areas of Jeju and the increase of facilities such as vinyl greenhouses in Seoguiipo were identified. Furthermore, space information changes and accurate classifications for Jeju Island were obtained. With the goal of performing high-quality unsupervised classifications, measures to generalize and improve the methods employed were searched for. The findings of this study could be used in time-series analyses of images for various applications, including urban development and environmental change monitoring.

Keywords : Remote sensing, Rule-based classification, Unsupervised-classification, Time series analysis, Landsat

1. 서론

지표변화 메커니즘에 대한 이해를 통해 자연적

인공적 환경을 정확히 파악할 수 있으며, 토지의 통합적 관리를 수행할 수 있다. 지적자료나, 문헌화된 자료를 통해서도 인간 활동 범주의 지표변화를 파

[†] This study is conducted as a part of the project to construct a satellite data clearing house of terrestrial observation by Korea Research Council of Fundamental Science and Technology.

* Jin-A Lee, Ph.d student, Dept. of Geoinformatic Engineering, University of Science & Technology, jinsgis@ust.ac.kr

** Sung-Soon Lee, Senior Researcher, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources gisyi@kigam.re.kr (Corresponding Author)

악할 수 있다. 이에 원격탐사 기술을 활용하면 주기적으로 정보를 취득할 수 있는 장점이 있으며, 포함하고 있는 분광정보를 활용할 수 있어 다양한 활용 가치가 있다[7, 12]. 따라서 환경적 측면의 공간분석 연구와[5], 사회 경제적 측면을 고려한 연구가 수행되어 지고 있다[4].

원격탐사 분야에서는 목적에 따라 영상 종류와 방법을 선택하고 있다. 토지피복의 변화, 환경요소의 변화에 대한 관심에 따라 다중분광 영상이나 고해상도 영상을 선택한다[6]. 객체기반 분류와 스크린 디지털링 등 직접적인 방법도 사용되며, 주로 다중분광영상을 이용한 차연산법과 선분류 후비교법이 사용되어 지고 있다[1, 8, 15]. 차연산법은 임계값을 설정하는데 주관이 들어갈 수 있고, 변화지역의 위치는 알 수 있으나, 변화클래스는 파악할 수 없다. 선분류 후비교법은 항목끼리 비교하기 위하여 각 영상에서 토지피복을 분류 시, 높은 분류정확도가 요구된다[5]. 또한 변화패턴을 파악하기 위하여 다음시기 영상과 재비교를 할 때, 확인하여야 하는 조합의 개수가 급격히 증가할 수 있다.

기존의 상업용/비상업용 GIS·원격탐사 S/W에서 제공하는 감독 무감독 분류 방법은, 대부분 단영상 내 분류를 해결할 수 있다. 이에 더 나아가, 촬영일이 다른 n개 영상을 입력하면 변화방향에 따라 클래스를 파악할 수 있도록 제안한 것이 규칙기반영상분류 방법이다. 선행연구에서는 도시개발에 따른 변화를 파악하는데 최적화된 분류규칙을 세우고, 선분류 후비교법과의 비교를 수행하였다[10]. 각 영상에서 토지피복에 따라 약 5개 이상으로 분류하고자 한다면 선분류 후비교법이 적절하다. 하지만 각 화소별 변화유무와 시기에 주목하고자 할 때는 규칙기반 분류방법이 효율적이다. 또한 처리과정 전반에서 공식계산과 규칙작용이 일반화 되도록 하여, 양질의 무감독 분류가 수행되도록 하는 것을 목표로 하였기 때문이다.

복잡 다양한 공간정보 데이터에 의한 목적에 의한 분류 시, 상호배타적이며 포괄적인 규칙집합으로 표현될 수 있다[9]. 주로 매핑이나 유사정보를 가진 화소 추출 시 사용되어 왔었다[3, 16]. 의사결정트리 등 다른 분류기술과 대등한 성능을 가지며, 적합한 규칙을 도출하고, 적용할 수 있다[2, 13]. 가장 간단하게는, 각 시기의 식생지수의 변화를 파악하여 군을 나눌 수 있으나, 임계치를 정하는데 있어 주관이

개입될 수 있다. 선행연구에서는 규칙집합의 개념을 가져와 사용하였으나, 직접적인 방법에 의하여 영상 변화의 규칙을 수립하였으며, 영상의 통계 값에 의하여 공식과 임계값을 자동으로 지정하게 하였는데 큰 의의가 있다. 목적에 맞는 결과를 얻는 분류를 위하여 최적화 하고자 하였으며, 다양하게 활용될 수 있기를 기대하였다.

하지만 다중시기 영상자료의 분석은 영상의 선택에 많은 영향을 받게 된다. 촬영주기, 날씨 등의 영향, 경제적 이유 등으로 영상을 선택하는데 있어 어려움이 있을 수 있다. 물론, 구름 등이 없고, 왜곡에 대한 문제가 없으며, 촬영일이 거의 일치하는 영상을 사용하는 것이 가장 좋다. 도시지역의 변화를 보고자 할 때에도, 식생의 구분이 용이한 계절의 영상이 좋으며, 간석지 지역에 대한 연구에서도 조고가 비슷한 영상을 사용하는 것이 이상적이다. 그렇기 때문에, 규칙기반 영상분류방법의 활용 폭이 넓어지기 위해서는 여러 제한요소에 대해서도 적용 가능성이 있는지 검증 되어야 할 필요가 있었다.

따라서 본 연구에서는 복잡다양한 대규모 데이터를 처리하더라도, 선택한 영상에 결점이 있더라도 해석할 수 있는지 확인하고자 한다. 1) 영상에 구름이 있는 경우, 2) 각 영상의 촬영일의 차이가 있는 경우, 도시, 산지, 농지가 복합적인 지역에 경우에 대해서 분류에 어떻게 영향을 미치는지 확인하고자 하였다. 요인에 대한 결과의 관계를 연구함으로써, 알고리즘의 장단점을 파악하고 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 연구지역 및 방법

2.1 연구지역 및 사용자료

연구 지역은 제주도 지역으로, Landsat TM (115-37) 영상을 사용하였다(Table 1, Figure 2). 제주도 지역은 대표적인 화산섬으로 고도가 높은 한라산과, 많은 오름을 가지고 있다. 또한 도시 지역과 과수, 논밭 지역 등 복잡 다양한 특색을 가지고 있다[14, 11]. 2000년과 2009년 영상에 구름을 포함하고 있으며 평균운량도 상대적으로 높다. 2009년 영상은 6월말, 2010년 영상이 5월 초 영상으로 평균기온차를 보이고 있다. 위 내용을 고려하여 판단할 수 있도록 년도선택의 간격을 지정하고자 하였다. 수치지형도(1:25,000)를 참고하여 2009년 영상의 기

하학적보정을 수행한 후, Image to Image 기법에 의해 다른 영상의 기하보정을 하였다. 취득된 30m×30m 래스터 데이터를 ASCII 코드 값으로 변환하여 사용하였다.

Table 1. Selected image list and weather observation data

Landsat(115-37)			KMA Daily Weather Observation Data			
Date		Sensor	Temperature °C			Average Cloudi-ness
Year	M/D		Average	Highest	Lowest	
1989	5/26	TM 4	19.6	24.0	14.2	0.8
1990	5/21	TM 5	17.9	23.8	13.1	1.3
2000	6/ 1	TM 5	17.8	20.8	14.7	3.1
2009	6/26	TM 5	23.4	27.0	19.9	4.0
2010	5/12	TM 5	14.7	17.9	11.6	0.3

2.2 규칙기반 분류

규칙기반 분류는 ‘If... Then...’ 규칙들의 집합을 사용하여 항목을 분류하는 기법이다. 분류규칙의 질은 적용범위(Coverage)와 정확성(Accuracy)과 같은 측정기준을 사용하여 평가할 수 있다. 규칙기반 분류의 작동원리로는 상호배타적 규칙, 포괄적 규칙이 적용되어 져야 한다. 규칙집합이 포괄적이지 않다면 나머지 경우들에 적용하기 위해서 디폴트 규칙이 추가되어져야 하며 일반적으로 기존 규칙에 적용되지 않는 나머지 모든 항목들에 할당되어야 한다.

분류규칙을 추출하는 데에는 직접방법과, 의사결정 트리나 신경망과 같은 간접방법, 두 가지 방법이 있다. 다중시기 위성영상 내에서 도시와 비도시지역에서의 BUI 값(Built-Up Index)의 특성(1, 2, 3)에 의해 영상 간 상대적인 공식을 생성하고, 시계열 영상에서의 순차적 변화 방향에 따라 최종 목적에 적합하도록 직접 규칙을 논리적으로 정하는 것이 요구되었다. 예를 들면 논이나 밭이었던 지역이 나지나 도심지로 변했을 때(Built-up), BUI값은 상대적으로 커지게 된다. 반대의 경우(Greening) BUI값은 상대적으로 작아진다. 반면에 전후 변화가 없는 비변화 지역(Non-changed area)이 존재한다[17].

$$NDBI = \frac{MidIR_{ETM+, TM5} - NIR_{ETM+, TM4}}{MidIR_{ETM+, TM5} + NIR_{ETM+, TM4}} \quad (1)$$

Figure 1. A Flow Chart of the Rule Based Image Classification Method

$$NDVI = \frac{NIR_{ETM+, TM4} - RED_{ETM+, TM3}}{NIR_{ETM+, TM4} + RED_{ETM+, TM3}} \quad (2)$$

$$BUI = NDBI - NDVI \quad (3)$$

NDBI : Normalized Difference Built-up Index

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

BUI : Built-Up Index

비변화/변화 정의(Non-changed/Changed)에 의하여 순차적 변화방향에 따라 11개 클래스를 정의하도록 하였다. 비변화(NNNNN, UUUUU), Built-Up (NNUUU, NNUUU, NNNUU, NNNNU), Greening (UUNNN, UUNNN, UUUNN, UUUUN), 디폴트 규칙에 의하여 혼란(Confusion)클래스를 두었다. 본 논문에서는 각 위성영상에서 구분을 비도시/도시로 구분하여 정의하여 표기하고자 한다. 비도시 지역(Non-urban: N)은 임야와 농지(논·밭·과수 등), 공원지, 초지 등을 포함하며, 도시지역(Urban: U)은 상업용지, 공공용지, 주거지, 나지 등을 포함한다. 정의한 분류 기준에 의하여 이른 봄이나 늦가을 겨울의 경우 농지와 초지 등이 U로 분류될 수 있다. 예를 들면 NNNNU 지역은 2009년까지는 비도시(N), 2010년에 도시(U)로 분류됨을 의미한다.

2.3 규칙기반 영상분류 알고리즘

다량의 연속성 데이터(Continuous data)를 처리하는데 있어서, 평균·편차 등은 변량에 예민한 변수로 평가되어 진다. 변화지역에 의한 영향을 최소화

하기 위하여, 각 영상 내 BUI 분위값(Percentile 1, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95, 99%)을 구한 후, 단순회귀 분석 원리에 의하여 유사도 척도를 제시한다(4).

$$y_j = m_{ij} \cdot x_i + t_{ij} \quad (4)$$

i, j : Landsat image 순서에 따른 번호 (1,2,3,4,5)

m_{ij} : 분위값에 의한 일차 선형 기울기

t_{ij} : 분위값에 의한 일차 선형 절편

다중 속성을 포함하는 데이터 객체들 간의 비유사도 척도를 정의하는 거리 행렬(Distance matrix) 정의하고(5), 무변화 지역으로 판단하기 위한 한계(6, 7) 설정에 BUI 값의 분포폭을 활용한다.

$$D_{ij} = \frac{m_{ij} \cdot P_i + t_{ij} - P_j}{\sqrt{m_{ij}^2 + 1}} \quad (5)$$

$$l_i = P_{99\%,i} - P_{1\%,i} \quad (6)$$

$$L_{ij} = \frac{l_i \cdot l_j}{\sqrt{l_i^2 + l_j^2}} \quad (7)$$

P_i, P_j : i, j 에서의 해당 화소의 BUI값

D_{ij} : ij 평면에서 (4)식과 (P_i, P_j) 과의 거리

l_i, l_j : i, j image에서 99%, 1% 분위값의 차

$P_{99\%,i}$: i image에서 BUI 99% 분위값

$P_{1\%,i}$: i image에서 BUI 1% 분위값

L_{ij} : l_i, l_j 로 계산한 ij 평면의 BUI length

비변화/변화 (Built-up, Greening) 분류를 위하여 특성값 매트릭스에 의해(8, 9, 10) 클래스를 할당하며 보완 규칙을 두어 재할당 가능하게 하였다(Figure 1).

$$\text{If } -f_a L_{ij} \leq D_{ij} \leq f_a L_{ij} \text{ Then } C_{ij} = 0 \text{ (UU, NN)} \quad (8)$$

$$\text{If } D_{ij} < -f_a L_{ij} \text{ Then } C_{ij} = 2 \text{ (NU)} \quad (9)$$

$$\text{If } D_{ij} > f_a L_{ij} \text{ Then } C_{ij} = 1 \text{ (UN)} \quad (10)$$

f_a : 허용계수(Allowable factor, Threshold value)

C_{ij} : (P_i, P_j) 의 특성값 (Characteristic value)

비변화 지역(Non-changed area)은 임의의 경계값(Boundary)에 대하여 NNNNN, UUUUU으로 나눈 후(11, 12), 각 i 번째 영상의 비도시(N)지역(5개 클래스)안에서 BUI 분포를 계산, 95% 분위 값을 합한다. 이때, 경계값을 반복 수렴 계산하여 두 값이

같아지는 한계 경계치($Boundary_{(lim)}$)를 도출하도록 하였다(13).

$$\text{If } \sum_{i=1}^5 P_i \geq Boundary, \text{ Then UUUUU} \quad (11)$$

$$\text{If } \sum_{i=1}^5 P_i < Boundary, \text{ Then NNNNN} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^5 P_{(95\%,i)} \approx Boundary_{(lim)} \quad (13)$$

$Boundary_{(lim)}$: 한계경계치, (Limited Boundary)

허용계수(f_a)는 작업자가 목표범위에 따라 입력 가능하며(0.20-0.5), 또는 최적 허용계수를 통계적으로 계산하여 분류를 수행하도록 한다. 허용계수 별 분류결과에서 각 i 번째 이미지의 비도시(N), 도시(U)지역(각 5개 클래스 합, 혼란클래스 제외) 안에서, BUI값의 분포를 각각 계산한다. 이 때, Percentile 교차 그래프 중첩 면적이 가장 작게 계산되어지는 경우의 허용계수를 최적 허용계수로 추정한다. BUI값의 분포(N과 U에서)의 이격거리가 크고, 적절히 분류가 수행되었다고 판단할 수 있다.

3. 규칙기반 영상분류 결과

3.1 제주도 영상 분류 결과

입력된 제주도 영상에 대하여 유사도 통계를 구하여 규칙기반 분류에 적용되어진다(Table 2). 영상 간의 전체 화소에 대하여 BUI값 회귀분석의 결정계수는 시간 간격이 클수록 작아지나, 분위값을 사용할 경우 큰 값을 유지한다. 변화(Changed)지역이 크게 분포 할수록, 상관관계가 낮아진다(Table 2). 1-2는 시간차가 적어 결정계수(R^2) 값이 크나, 4-5의 경우 시간차가 작음에도 결정계수가 작다. 이는 다소 넓은 구름과 촬영일의 계절적 차이 때문일 것이다. 하지만 알고리즘의 처리에 사용되는 분위 값에 의한 결정계수는 전체에서 0.98 이상을 보여 유사도 척도를 제시함에 있어 적절하게 반영 되었는지 여부를 확인할 수 있다.

제주도 지역의 규칙기반 영상분류의 수행결과, 영상의 통계치와 분류된 공간데이터가 DBF로 주어져 래스터 데이터로 변환되어진다. 최적 허용계수($f_a = 0.28$)에서의 분류결과를 각 클래스별 화소를 구분하였다(Table 3). 규칙기반분류에서 분류규칙의

1989.05.26 TM4

1990.05.21 TM5

2000.06.01 TM5

2009.06.26 TM5

2010.05.12 TM5

Figure 2. A Satellite Image (RGB) of Jeju-do Landsat

Figure 3. A Distribution Map of Each Class As Result of Image Classification

Figure 4. The Relationship between Aggregated Superposition Area of BUI Distribution and Classification Accuracy by Allowable Factors

질은 적용범위(Coverage)와 정확성(Accuracy)와 같은 측정기준을 사용하여 평가할 수 있다. Step 1에서는 1시기 간격의 특성값을 모두 만족하는 경우에 해당하는데, 90.2% 적용범위에서 모든 규칙을 만족하여 분류되었다. Step 2와 Step 3에서는 이전단계에서 미분류된 화소 중 1시기 간격의 특성값 규칙을 2가지 이상 만족하고, 2시기 차, 3시기 차 규칙에 부합하는 화소를 클래스에 재할당 하게 된다. 변화패턴이 불규칙 적이거나, DN값의 대표성이 불분명한 화소일 경우 분류과정에서 혼란클래스로 할당될 수 있다.

각 시기의 RGB 영상(Figure 2)과 분류 결과를 색으로 표현하여(Figure 3)과 비교하면 클래스별 공간분포를 확인할 수 있다. 제주도 처리 결과에서 혼란클래스가 4.4%로 다소 넓은데, 이는 구름, 변화가 불규칙한 일부 논밭, 각 클래스 경계부 등에 해당한다. 모든 개개의 항목이 정확히 하나의 규칙에 의해 적용되기 위하여, 디폴트 클래스의 역할을 하게 되었다.

3.2 허용계수에 따른 분류정확도

허용계수(f_a)는 어떤 범위까지 비변화 지역으로 볼 것인지를 지정하는 계수라고 할 수 있다. 허용계수를 크게 잡을 경우, 비변화 지역이 증가할 수 있고, 반대의 경우 조금의 BUI변화에도 예민하게 반응하여 변화지역이 증가한다. 따라서 허용계수는 작업자가 선택하여 처리할 수도 있으나, 신뢰도가 높은 허용계수를 구하는 것도 가능하여야 한다.

Table 2. An analogous map of image BUI values by the simple regression analysis

Image		BUI(All)	BUI (Percentile)		
i	j	R^2	m_{ij}	t_{ij}	R^2
1	2	0.7353	0.9891	-0.0447	0.9996
2	3	0.5041	1.0194	0.0721	0.9936
3	4	0.6114	1.1369	0.0138	0.9962
4	5	0.4054	0.9170	-0.0169	0.9939
1	3	0.5525	1.0084	0.0266	0.9934
2	4	0.3995	1.1541	0.0935	0.9815
3	5	0.3844	1.0468	-0.0025	0.9981
1	4	0.4488	1.1414	0.0418	0.9808
2	5	0.3262	1.0687	0.0737	0.9946

시기적절한 비교 자료가 존재하여 5개시기 전체에서 분류정확도를 파악하는 것이 요구될 것이다. 하지만 과거의 자료가 충족되는 경우는 극히 드물기 때문에, 검증점 선정 시 한계가 존재한다. 1989, 1998년에 제작된 1:50,000 토지피복지도를 계절차를 감안하여 반영하였다. 2010~2012 제작된 1:25,000 수치지형도와, 항공사진을 참고하였다. 1,190개의 화소를 선택하여 검증점으로 삼았으며, 동일한 간격으로 선택하고, 소지복합형지역으로 추정되는 곳은 제외하였다.

허용계수(f_a) 0.20~0.50 범위에서 0.01 단위로 분류결과가 계산되어 진다. i 번째 이미지의 비도시(N), 도시(U)지역(각 5개 클래스 합)안에서, BUI값

Table 3. The classification rule at Step 1, 2 and 3 of the rule based image classification, and the classification result of each class determined after the classification is executed

$f_a=0.28$		Step 1		Step 2		Step 3		Set Boundary	
		$C_{12}C_{23}C_{34}C_{45}$	Count	$C_{13}C_{24}C_{35}$	Count	$C_{14}C_{25}$	Count	Sum	Bou.=-1.0026686
Non -changed		0 0 0 0	1311261	0 0 0	21535	0 0	40277	1373073	NNNNN 1203552
									UUUUU 169521
Built -up	NUUUU	2 0 0 0	15013	2 0 0	1008	2 0	2717	18738	NUUUU 18738
	NNUUU	0 2 0 0	57612	2 2 0	2527	2 2	1727	61866	NNUUU 61866
	NNNUU	0 0 2 0	51266	0 2 2	1960	2 2	816	54042	NNNUU 54042
	NNNNU	0 0 0 2	139301	0 0 2	2395	0 2	5288	146984	NNNNU 146984
Green -ing	UNNNN	1 0 0 0	14921	1 0 0	1176	1 0	2289	18386	UNNNN 18386
	UUNNN	0 1 0 0	82126	1 1 0	3433	1 1	1391	86950	UUNNN 86950
	UUUNN	0 0 1 0	41042	0 1 1	1005	1 1	357	42404	UUUNN 42404
	UUUUN	0 0 0 1	79117	0 0 1	6920	0 1	9408	95445	UUUUN 95445
Step (Pixels)		Step 1	1791659	Step 2	41959	Step 3	64270	1897888	Confusion 87961
		Remainder	194190	Rem.	152231	Rem.	87961	-	Sum 1985849
Step ratio (%)		90.2213		2.1129		3.2364		95.5706	Conf. ratio 4.4294

Figure 5. A Comparison of Classification Results with Landsat Satellite Image (RGB) From top to bottom: (1) 1989 (2) 1990 (3) 2000 (4) 2009 (5) 2010 (6) 6 classes (7) Confusion class From left to right: (a) Around Jungmun, Daecheon and Daeryun-dong, Seogwipo-si, (b) Around Yongdam-dong, Jeju-si, (c) Around Namwon-eup, Seogwipo-si

Table 4. The advantage, disadvantage and attention points, and improvement methods of the rule based image classification confirmed by the application on Jeju-do region

Classification		Advantage	Disadvantage, attention and improvement methods
Assessment on Cloud Effect		<ul style="list-style-type: none"> ◦ The rule based image classification is an unsupervised classification method. The classification is conducted with the image information provided. The clouds included in the image did not affect the constant of computing formula. ◦ The classification accuracy remained high in the overall classification result. ◦ Without masking clouds in the pretreatment process, the classification will be executable. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ With clouds in No. 1 and 5 images, the possibility to separate the actual and the class will increase. ◦ At the point where cloud exists, it can be classified as the normal U region. ◦ When a large cloud is included, the algorithm of rule based image classification may experience difficulties in execution. In such case, it is recommendable to improve the algorithm so as to remove the cloud reserve area.
Assessment on Different Filming Dates	City	<ul style="list-style-type: none"> ◦ City shows distinctively the parts where the changes occur to the land-use. ◦ The automated classification result was effective in finding the positions of changed areas. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ The geometrical correction is considered very important in executing the classification. Therefore, an automated geometrical correction method should be considered additionally so that the characteristics of neighboring picture element can be reflected. ◦ If there exist many complicated factors in a small area, it is difficult to conduct the algorithm.
	Mountain Area	<ul style="list-style-type: none"> ◦ The majority was classified as NNNNN class. But, the higher altitude of Mt. Halla showed a unique result. The type of vegetation differs along the elevation. Accordingly it presented different results depending on the different filming time. ◦ This can be applicable if investigating the changes of vitality of vegetation in other studies in the future. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Due to variety of types of vegetation, it is difficult to consider individual characteristics different from each other. ◦ When investigating the disaster area caused by landslide, forest fire, etc, or focusing on the change of development, this should be used according to the filming time. ◦ If the altitude of mountain is high, in particular, extra cautions must be paid on the geometrical correction of images.
	Farmland (Rice-field, upland field, Orchard grove)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ The farmland was simply divided into the rice field or upland field mainly in the past. The land shows the progressive shapes developing into comprehensive types such as vinyl-covered greenhouse and agricultural product processing facilities. ◦ The classification result shows the number of vinyl greenhouse has increased relatively and its locations in Seogwipo-si. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Due to the limit of pixel size, the small-sized vinyl greenhouses were difficult to be identified. They could be classified as the confusion class in many cases. ◦ When it needs to investigate the changes of small individuals, the use of high resolution image is recommendable. It needs to improve the rule based image classification method so as to be usable in various satellite images.

의 분포를 나타내는 분위(Percentile) 교차 그래프에서 그 중첩 면적을 계산하여 더한다. 중첩면적의 합이 가장 적을수록, 충분한 이격거리를 가지고 있다고 판단되어지므로 최적허용계수로 판단한다. 중첩면적의 합과 분류정확도(Overall Accuracy, %)를 도표로 나타내었다(Figure 4). 중첩면적이 작을수록, 이때 분류정확도는 높아짐을 확인하였다. 최적 허용계수 $f_a = 0.28$ 에서 분류정확도는 99.16% 되었다. $f_a = 0.24 \sim 0.34$ 에서도 분류정확도를 85% 이상 보이고 있음을 확인하였다.

4. 규칙기반 영상분류의 평가 및 토의

4.1 구름의 영향 평가

본 연구의 목적은 영상에 결점이 있더라도, 처리 과정에 영향을 적게 주면서 효율적인 분류 성과를 얻을 수 있는지 여부를 확인하고자 한다(Table 4). 2000년과 2009년 영상에 구름이 있다. 특히 서귀포시 중문·대천·대륜동 부근의 2000년 영상에 구름이 있고, 2009년 영상에 더 많은 여러 개의 구름을 확인할 수 있다(Figure 5. a). 구름은 DN값에 영향을 주게 되어 기존의 정보를 손실하게 한다. 본래 NNNNN의 성격을 가진 부분이나, 구름의 영향으로 혼란클래스로 구분되었음을 알 수 있다. 2009년 대상지 전체의 구름에서 약 92%가 혼란클래스로 할당되었는데, 그 주변의 NNNNN의 비중이 높았기 때문이다.

위의 결과를 바탕으로, 구름의 존재하는 영상을 사용하였지만, 유사도 척도를 나타내는 계수(Table 2)에 영향을 적게 준 것으로 생각되며, 구름이 있는 지역 대다수가 혼란클래스로 자동적으로 할당되어 구별이 용이하였다. 하지만 5개 영상을 조합 시 처음과 끝 영상(1, 5)에 구름이 있다면, 분광정보를 오인할 우려가 있다. 예를 들면, 5번째 영상에만 구름이 있는 경우, NNNNN지역이, NNNNU로 판단할 수 있기 때문이다.

4.2 촬영일에 대한 차이에 대한 평가

1989-1990년/2000년/2009-2010년, 약 20년 동안의 시계열적 변화를 이해하였다. 제주도 용담동 부근에는 공항이 존재하며 시가지에 해당한다(Figure 5. b). NNUUU에 해당하는 부분은 공항도 일부 규모를 확장하였으며 제주도청 부근, 제주시청 부근에

해당한다. 또한 NNNUU로 크게 나타나는 부분은 택지지구 등의 건설지로 확인되어 진다. Figure 3에서 변화클래스로 파악되는 지역 중 서귀포시 건설지, 골프장 건설지, 학교 건설지 등을 확인할 수 있다.

1989, 1990, 2000년의 영상은 5월말과 6월초로 비슷한데, 2009년은 6월말, 2010년은 5월초에 해당한다. 한라산 정상부근에서 NNNNU 지역이 다소 크게 나타난 것은(Figure 3, Table 3) 실제 토지이용에 큰 변화가 생긴 것은 아니라고 해석하여야 한다. 한라산 해발고도에 따라 식생 종류가 다른데, 이에 촬영시기에 따른 식생활력 차이로 해석할 수 있다. 해발고도 1,950m의 한라산은 해발고도 1,400m 이상 아고산대에는 구상나무로 대표되는 침엽수림을 비롯하여 관목림과 초본군락이 넓게 분포하며(Figure 2. 옅은 갈색부분), 1,700m의 장구목오름에는 식생이 잘 자라지 않는 곳이 있다(노란색 부분). 시기를 달리하여 차이를 보고자 할 수도 있겠지만, 산사태, 산불 등에 대한 재해지역 파악이나, 개발변화에 주목하고자 할 경우에는 촬영시기를 맞추어 사용하는 것이 좋을 것이다.

또한 과거의 농지형태(1989-1990)는 단조로우나, 2000년대 이후 다양하게 복합적으로 변화하였다. 제주도의 과수·논·밭 지역에서 비닐하우스, 가공공장, 저장시설 등의 증가를 확인할 수 있다. 서귀포시 남원읍 부근은 과수원이 넓게 분포한다. 2000년 이후 비닐하우스의 개체수가 급격히 많아지고 있음을 확인할 수 있다(Figure 5. c). 실제 비닐하우스가 생겨난 곳은 NNUUU, NNNNU, NNNNUU 으로 분류되나, 화소의 크기에 제한이 있다. 제주 서부 지역의 농지에서 UUUUN으로 나타난 지역을 다소 보이고 있다(Figure 3). 이는 5월, 6월 시기별 농지 이용의 차이가 있기 때문으로 해석하여야 한다. 전체적으로 통일된 토지이용의 변화에 주목하여 보고자 한다면 월/일에 큰 차이가 없도록 조합하는 것이 타당하다. 또한 계절의 차이나 식생의 차이를 보고자 할 경우 촬영시기를 달리 하는 것에도 유의미한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

구름이 있고, 촬영일에 시간차가 있는 영상을 수정하지 않고 전체를 사용하였을 때, 무감독 분류 수행능력이 유지 되는지 확인하고자 하였다. 변화 방향에 따른 10개 클래스와 혼란클래스로 분류한 후 변화지역을 쉽게 발견할 수 있도록 하였다. 입력된

영상의 정보의 의존하여 분류를 수행하기 때문에 제한요소가 있었지만, 규칙기반 영상분류 방법은 다시기 영상을 통합하여 분류를 수행하는데 있어 높은 적용범위와 분류정확도를 가지고 있었다. 복잡 다양한 변화를 보이는 지역이므로, 각 의미에 맞는 해석이 있어야 할 것이다.

5. 결 론

환경적·사회경제적 측면을 고려한 시계열 적인 통계적 기반의 공간분석 연구가 활발히 진행되고, 다중시기 변화의 빠른 분석이 용이하게 되도록 하며, 다각적인 활용기술이 요구되어 지고 있다. 본 연구에서는 선행연구에서 제안한 규칙기반 영상분류 알고리즘이 제한요소에 대한 적용 가능성을 검증하고자 하였다. 구름이 있고 계절에 영향을 받은 영상을 제거하거나 수정하지 않고 전체를 사용하며, 도시, 산지, 농지 등 복합적인 제주시에 적용하여 결점이 있더라도 정확히 해석할 수 있는지, 결과가 효율적인지 확인하였다.

분류규칙의 질은 적용범위와 정확성으로 평가할 수 있는데, 90.2%가 Step 1 분류규칙을 모두 만족하였으며, Step 3까지 95.6%가 분류가 이뤄졌다. 최적 허용계수 추정방법의 타당성을 확인하고자 허용계수별 BUI분포 중첩면적과 분류정확도를 상대적으로 비교하였다. 이에 최적 허용계수에서도 타당한 분류 결과를 나타냈고, 허용계수 0.24~0.34 범위에서도 85% 이상의 분류정확도를 기대할 수 있음을 확인하였다.

규칙기반 영상분류 방법에 대하여 장단점을 파악하고 유의사항을 파악하였다. 구름이 있는 지역은 기존 정보를 손실한 지역으로, 대부분 혼란클래스로 할당되었음을 알 수 있었다. 5개의 촬영년도가 다른 영상의 규칙기반분류에 의하여, 시가지 지역의 확장과 농지형태의 변화 등을 확인할 수 있었다. 한라산의 고도에 따라 분류결과가 달라진 것으로 짐작할 때, 계절이나 식생의 차이를 보고자 할 때는 촬영시기를 달리하는 것도 유의미한 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다. 하지만 전체적인 통일된 토지이용의 변화에 주목하고자 하면 년별 날짜를 통일하는 것이 타당할 것이다. 모색되는 개선방법으로는 주변 화소의 특징을 고려하여 기하학적 보정이 자동화할 수 있도록 하고, 고해상도 영상도 사용할 수 있

도록 규칙기반 영상분류 방법의 적용성을 확대할 필요가 있다.

규칙기반 영상분류 방법은 양질의 무감독 분류가 수행되는 것을 목표로 하여 방법의 일반화 및 개선 방안을 모색하고자 하였다. 도시지역 뿐만 아니라 산림지역의 식생변화, 사막지역의 확장 등 기후변화의 파악 등에 적용 가능 폭이 넓어져 유용하게 활용될 수 있다. 베트남, 동티모르 등에서도 산림의 파괴 등이 문제되고 있으나, 원격탐사 영상에 구름의 분포가 많아 어려움이 있다고 한다. 중국지역 황사문제에 있어서도, 훈련지역이 없이도 무감독 분류가 가능하도록 하여 대규모 지역을 모니터링 할 필요가 있다. 지속적인 후속 연구에 관심을 가져야 하며, 앞으로의 국토, 환경관련 평가 측면에서 효과적으로 적용 될 수 있도록 충분한 토의가 이루어져야 할 것이다.

References

- [1] Alphan, H; Doygun, H; Unlukaplan, YI. 2009, Post-classification Comparison of Land Cover using Multitemporal Landsat and ASTER Imagery: the case of Kahramanmaras, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 151(1-4):327-336.
- [2] Coenen, F; Leng, P. 2007, The effect of Threshold values on Association Rule Based Classification Accuracy, Data & Knowledge Engineering, 60(2):345-360.
- [3] Guindon, B; Zhang, Y; Dillabaugh, C. 2004, Landsat Urban Mapping Based on a Combined Spectral - spatial Methodology, Remote Sensing of Environment, 92(2):218-232.
- [4] Jang, D. H. 2005, Change Detection of land - surface Environment in Gongju Areas Using Spatial Relationships between Land - surface Change and Geo - spatial Information, Journal of the Korean Geographical Society, 40(3): 296-309.
- [5] Jang, D. H; Kim, C. S; Park, J. H. 2010, The Land-cover Changes and Pattern Analysis in the Tidal Flats Using Post-classification Comparison Method: The Case of Taean

- Peninsula Region, Journal of the Korean Geographical Society, 45(2):201-317.
- [6] Jang, D. H; Kim, M. K. 2003, Improving of land-cover map using IKONOS image data, The Journal of GIS Association of Korea, 11(2):101-117.
- [7] Kim, Y. S; Lee, K. J; Ryu, J. W. 2003, Land Use/Cover Classification Nomenclature for Urban Growth Analysis, Paper presented at the spring meeting for GIS Association of Korea :537-543.
- [8] Krishnaswamy, J; Kiran, M. C; Ganeshaiah, K. N. 2004, Tree Model based Eco-climatic Vegetation Classification and Fuzzy Mapping in Diverse Tropical Deciduous Ecosystems using Multi-Deason NDVI, International Journal of Remote Sensing, 25(6):1185-1205.
- [9] Lawrence, R. L; Wright, A. 2001, Rule-Based Classification Systems using Classification and Regression Tree (CART) Analysis, Photogram-metric engineering and Remote Sensing, 67(10): 1137-1142.
- [10] Lee, J. A; Lee, S. S. 2011, A Rule-Based Image Classification Method for Analysis of Urban Development in the Capital Area, Journal of Korea Spatial Information Society, 19(6):55-66.
- [11] Lee, J. Y; Kim, B. S. 2008, Automated Vinyl Green House Identification Method Using Spatial Pattern in High Spatial Resolution Imagery, Korean Journal of Remote Sensing, 24(2):117-124.
- [12] Lee, K. W; Yu, Y. C; Song, M. Y; Sagong H. S. 2002, Comparative Analysis of Land-use thematic GIS layers and Multi-resolution Image Classification Results by using LANDSAT 7 ETM+ and KOMPSAT EOC image, The Journal of GIS Association of Korea, 10(2):331-343.
- [13] Liu, B; Ma, Y; Wong, C. K. 2000, Improving an Association Rule Based Classifier, Principles of Data Mining and Knowledge Discovery Lecture Notes in Computer Science, 1910:504-509.
- [14] Quan, H. C; Lee, B. G. 2009, Analysis of Relationship Between LST and NDVI using Landsat TM Images on the City Areas of Jeju Island, Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, 17(4):39-44.
- [15] Shin, K. J; Yu, Y. G; Hwang, E. J. 2009, Land Use Analysis of Chung-Ju Road Circumstance Using Remote Sensing, Journal of the Korea Contents Association, 9(6):436-443.
- [16] Warner, T. A; Levandowski, D. W; Bell, R; Cetin, H. 1994, Rule-Based Geobotanical Classification of Topographic, Aeromagnetic, and Remotely Sensed Vegetation Community Data, Remote Sensing of Environment, 50(1):41-51.
- [17] Zha, Y; Gao, J; Ni, S. 2003, Use of Normalized Difference Built-up Index in automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery, International Journal of Remote Sensing, 24(3):583-594.

논문접수 : 2012.12.19

수 정 일 : 2013.02.23

심사완료 : 2013.02.25