

영상분류에 의한 하우스재배지 탐지 활용성 분석 Analyzing the Applicability of Greenhouse Detection Using Image Classification

성증수¹⁾ · 이성순²⁾ · 백승희³⁾

Sung, Jeung Su · Lee, Sung Soon · Baek, Seung Hee

Abstract

Jeju where concentrates on agriculture and tourism, conversion of outdoor culture into cultivation under structure happens actively for the purpose of increasing profit so continuous examination on house cultivation area is very important for this region. This paper is to suggest the effective image classification method using high resolution satellite image to detect the greenhouse. We carried out classification of greenhouse using the supervised classification and rule-based classification method about Formosat-2 images. Connecting result of two classification try to find accuracy improvement for greenhouse detection. Results about each classification method were calculated the accuracy by comparing with the result of visual detection. As a result, mahalanobis distance among the supervised methods was resulted in the highest detection. Also, it could be checked that detection accuracy was improved by tying with result of supervised method and result of rule-based classification. Therefore, it was expected that effective detection of greenhouse would be feasible if henceforward further study is performed in the process of connecting supervised classification and rule-based classification.

Keywords : Supervised classification, Rule-based classification, Greenhouse, Land cover classification

초 록

농업과 관광이 주요 산업인 제주지역은 소득 증대를 위해 노지재배에서 시설재배로의 전환이 활발하게 진행되고 있으므로 하우스재배지에 대한 지속적인 현황 파악이 필요하다. 이에 본 연구에서는 고해상도 위성영상을 이용하여 하우스재배지 탐지를 위한 효과적인 영상분류 방법을 제시하고자 하였다. Formosat-2 위성영상을 대상으로 감독분류와 규칙기반분류 방법을 적용하여 하우스재배지를 분류하였으며, 두 가지 결과를 연계하여 하우스재배지 탐지를 위한 정확도 향상 방안을 모색하였다. 각 분류 방법별 결과는 육안 탐지 결과와의 비교를 통해 정확도를 산출하였다. 연구 결과, 감독분류 방법 중 마하라노비스 거리법이 가장 높은 탐지 결과를 얻을 수 있었으며 감독분류 결과와 규칙기반분류 결과의 연계 시 탐지 정확도가 향상됨을 확인하였다. 향후 감독분류 결과와 규칙기반분류 결과의 연계 과정에 대한 추가적인 연구가 이루어진다면 하우스재배지의 효율적인 탐지가 가능할 것으로 기대된다.

핵심어 : 감독분류, 규칙기반분류, 하우스재배지, 토지피복분류

1. 서 론

원격탐사 위성은 넓은 지역에 대한 자료를 동시에 수집할 수 있으며 주기적인 데이터 획득으로 지구상의 모든

대상물들에 대한 감시 및 분석이 가능하여 지형과 시설물의 변화 파악 및 상태 모니터링에 효율적으로 사용된다. 환경부 토지피복분류 중 대분류인 농업지역은 5개의 중분류 항목으로 나뉘어져 있다. 하우스재배지는 논, 밭, 과수

1) 정회원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:sjs1001@lh.or.kr)

2) 정회원 · 한국지질자원연구원 선임연구원(E-mail:gisyi@kigam.re.kr)

3) 교신저자 · 충남발전연구원 연구원(E-mail:bsh114@cdi.re.kr)

원, 기타재배지와 함께 중분류 항목으로 분류되어 있는 토지피복의 주된 유형이며 전 국토에 걸쳐 분포되어 있고 풍해 및 설해 등의 자연재해로 인해 비교적 변화가 많은 토지이용의 유형이다.

토지피복을 효율적으로 파악하기 위해 최근에는 위성 영상을 이용한 연구가 주로 수행되고 있다. Landsat TM 영상을 이용하여 도시 근교지역인 평택시에 대한 토지피복 분류도를 작성하고 각 행정구역별 토지피복 현황과 분류 정확도를 평가하여 그 결과를 농업적으로 이용하고자 하는 연구가 수행되었으며(윤성탁 등, 2001), 서울근교의 하우스재배지 밀집지역에 대하여 Landsat TM 영상을 이용한 디지털링 방법으로 하우스재배지역에 대한 경년변화를 추정하는 연구를 수행하고, 보다 정확한 결과를 얻기 위해 대상지역의 환경, 영상자료의 상태, 하우스재배지의 분광특성 등을 고려하여 지역에 따라 적용할 수 있는 적절한 변화탐지 기법의 필요성을 언급한 연구가 있었다(정인균 등, 2001). 또한 고해상도 위성영상을 이용하여 다중분광밴드 영상과 전정색 영상이 갖는 텍스처 등의 특성을 부가요소로 사용함으로써 토지피복의 분류정확도 향상 정도를 분석하는 연구가 수행되었으며(김은석, 2005), 물체기반의 공간자기상관을 활용한 고해상도 위성 영상의 영상분류 및 물체인식에 대한 알고리즘 개발을 통해 일정한 공간적 배열패턴을 보이는 물체에 대한 분류 방법을 제시하는 연구가 있었다(이종열 등, 2008). Formosat-2 위성영상에 대한 연구로는 Formosat-2 위성영상을 취득하여 대도시지역의 토지이용 및 토지피복 패턴을 확인하는 연구를 수행하고, 데이터 마이닝(data mining)을 기반으로 NDVI의 토지이용 및 토지피복을 위한 가능성을 제시한 연구가 수행되었다(Chen 등, 2009).

본 연구에서는 고해상도 위성영상을 대상으로 감독분류와 규칙기반분류 방법을 적용하여 하우스재배지를 분류하였으며, 두 가지 결과를 연계하여 하우스재배지 탐지를 위한 정확도 향상 방안을 제시하고자 하였다.

2. 영상취득 및 분류

2.1 연구대상지

제주도는 온대기후 지역으로 관광산업과 함께 농업이 발달하였으며 화산섬이라는 특징으로 인해 주로 밭농사나 과수농사가 이루어지고 있다. 최근에는 시설재배의 높은 수익성의 영향으로 노지재배에서 시설재배로의 전환이 활발하게 진행되고 있어 하우스재배지의 지속적인 파

악이 중요하다. 본 연구에서는 하우스재배지 분포밀도가 높은 제주 서귀포지역을 연구대상지로 선정하였다. 그림 1은 연구대상지를 나타낸다.



그림 1. 연구대상지

2.2 영상취득 및 처리

Formosat-2 위성은 2m 해상도의 전정색 밴드와 8m 해상도의 다중분광 밴드를 탑재하였으며 동일 지역의 영상을 1일 주기로 획득할 수 있어 단시간 내에 넓은 지역의 영상을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 2008년 3월 20일, 4월 8일, 4월 15일에 촬영된 각각 2장씩의 Formosat-2 위성영상을 획득하였다. 획득한 영상은 하나의 영상으로 모자이크하고 하우스재배지가 밀집되어 있는 서귀포 일부지역을 선택하였다.

2.3 영상분류

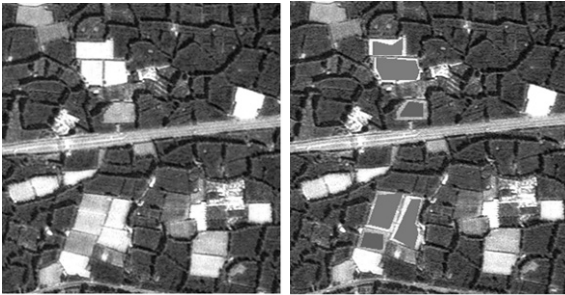
2.3.1 감독분류

감독분류는 분류자가 대상지 일부의 정보를 알고 있을 경우 그 지역을 표본으로 하여 미지의 지역에 대한 정보를 획득하는 방법이다. 본 연구에서는 감독분류 수행을 위하여 바다, 식생, 건물, 나지, 하우스재배지로 나누어 표

표 1. 영상의 분류 항목

특 징	기 호	클래스
바다	sea	Blue
식생	forest	Sea Green
	grass	Green
건물	building	Cyan
나지	soil	Yellow
하우스재배지	vinyl 1	Red
	vinyl 2	Magenta
	vinyl 3	Maroon

본집단을 선택하였다. 연구의 중심이 되는 하우스재배지는 분광특성에 따라 다시 3가지로 나누어 항목을 설정하였다. 표 1은 영상의 분류 항목을 나타내며 그림 2는 하우스재배지에 대한 표본집단 설정을 나타낸다.



(a) 원본 영상 (b) 표본집단 설정

그림 2. 하우스재배지 표본집단 설정

본 연구에서는 감독분류 방법 중 가장 많이 알려져 있고 가장 많이 사용되고 있는 최소거리법, 최대우도법, 마하라노비스 거리법을 이용하여 영상분류를 실시하였다. 최소거리법은 훈련지역에서 선택된 클래스의 평균 벡터 까지의 유클리드 거리를 계산하여 최소거리의 클래스에 할당하는 방법이며, 최대우도법은 밴드별 클래스에 대한 훈련지역의 화소가 기본적으로 정규분포의 형태를 따른다는 가정하에서 통계적인 확률분포에 따라 분류를 수행하는 알고리즘이다. 또한, 마하라노비스 거리법은 기본적으로 최소거리법과 유사하나 분류의 기준이 되는 거리 계산에 있어 마하라노비스 거리를 이용하는 점이 구별되며, 각 클래스들의 공분산 행렬이 동일하다는 가정하에 실시된다(공간정보 중앙교육센터).

2.3.2 규칙기반분류

규칙기반분류는 객체기반의 분류방법으로 영상에 나타나는 대상물의 속성을 이용하여 규칙을 작성하고 목표 대상물만 추출할 수 있도록 대상물에 적합한 규칙을 추가해 나감으로써 이루어진다. 본 연구에서는 하우스재배지를 특징지을 수 있는 규칙을 작성하고 규칙기반분류에 의한 탐지를 실시하였다. 하우스재배지 분류를 위한 규칙은 다음과 같다.

- 정규식생지수(NDVI) 값은 식생보다 낮은 값
- 형태는 대부분 직사각형 형태
- 도로 등에 비해 길지 않은 형태

- 일정한 면적 분포 범위

이상의 규칙에 대하여 하우스재배지를 가장 잘 분류할 수 있는 속성값의 범위를 지정하고 하우스재배지를 추출하였다. 속성값의 범위는 사용자의 주관적인 판단에 근거하므로 다양한 시도를 통해 최상의 값을 선택하여야 하며 따라서 사용자의 숙련도가 결과값에 영향을 미친다. 그림 3은 영상처리프로그램인 ENVI를 이용하여 최적의 규칙기반분류 성과 도출을 위해 속성값에 대한 범위를 지정하는 단계를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 최소값과 최대값 범위를 지정하고 규칙기반분류를 통한 최적의 결과값을 획득한다.

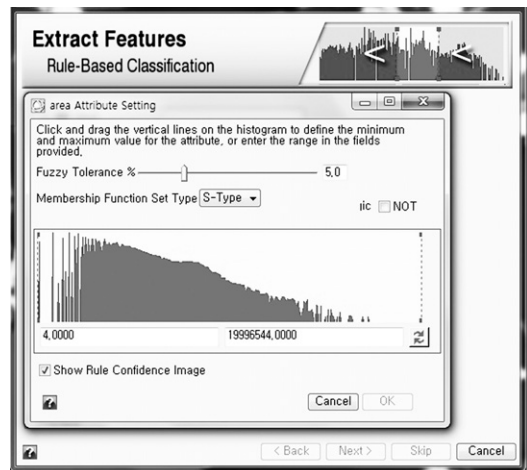
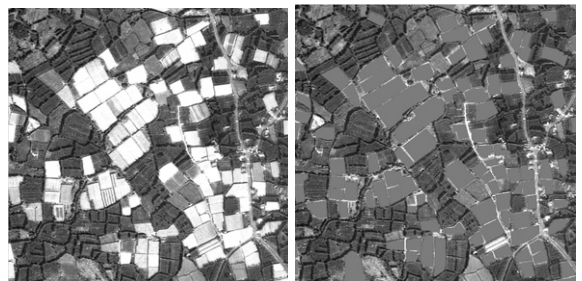


그림 3. 속성값에 의한 범위 지정

2.3.3 육안 판독

Formosat-2 영상은 고해상도 위성영상으로 육안으로 하우스재배지의 판독이 가능하다. 본 연구에서는 영상분류 결과의 정확도 분석을 위한 기초 자료로 사용하기 위하여



(a) 원본 영상 (b) 육안 판독

그림 4. 하우스재배지 육안 판독 상세

육안 판독을 통해 하우스재배지를 추출하였다. 육안 판독 시 하우스재배지 근접지역에서는 개개의 동으로 구분하지 않고 하나의 객체로 추출하였다. 그림 4는 하우스재배지에 대한 육안 판독 화면을 나타낸다.

3. 하우스재배지 탐지 및 결과 분석

3.1 분류 방법별 탐지 결과

감독분류와 규칙기반분류의 결과 영상을 확대하여 특정 지역별로 오분류 정도와 특징을 검토하였다. 탐지 결과는 식생지역, 건물밀집지역, 도로근처지역으로 나누어 각 분류 방법별로 비교하였다.

3.1.1 식생지역

식생지역에 대하여 오분류 정도를 분류 방법별로 비교하였다. 그림 5는 식생지역에 대한 분류 방법별 결과이다.

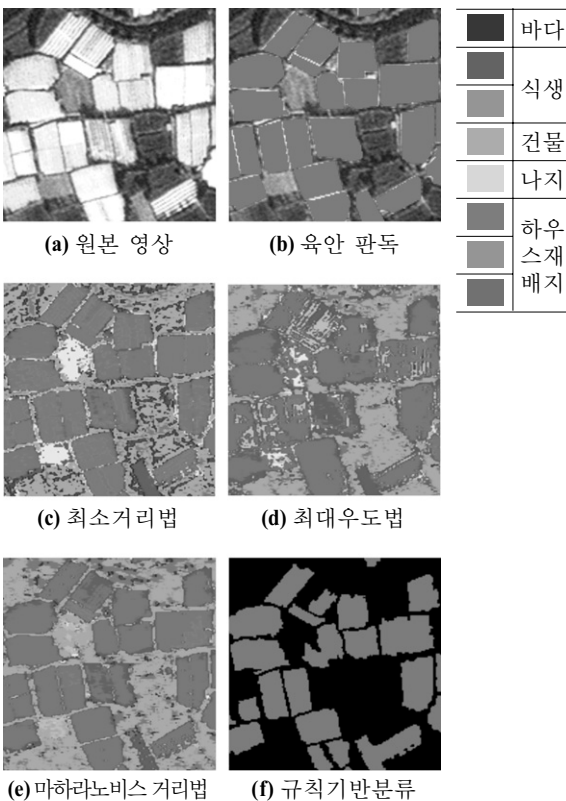


그림 5. 식생지역에 대한 분류 방법별 결과

영상분류 결과, 식생지역에서는 연구에 사용된 분류 방법들 모두 양호한 결과를 보였으며 마하라노비스 거리법

의 경우 하우스재배지에 대한 분류가 가장 효과적인 것으로 나타났다. 최대우도법의 경우 하우스재배지의 일부가 건물로 오분류되거나 나지의 일부가 하우스재배지로 오분류된 부분이 발견되었지만 대체적으로 분류가 양호하게 된 것으로 나타났다. 또한 규칙기반분류의 경우 하우스재배지가 대체적으로 잘 분류되는 것으로 나타났지만 일부 하우스재배지가 추출되지 못하는 경우가 나타났다. 이는 해당 하우스재배지 객체의 식생지수 또는 형태 및 면적 등의 속성이 정해 놓은 규칙에 포함되지 않아 발생한 것으로 판단된다.

3.1.2 건물밀집지역

건물밀집지역에 대하여 오분류 정도를 분류 방법별로 비교하였다. 그림 6은 건물밀집지역에 대한 분류 방법별 결과이다.

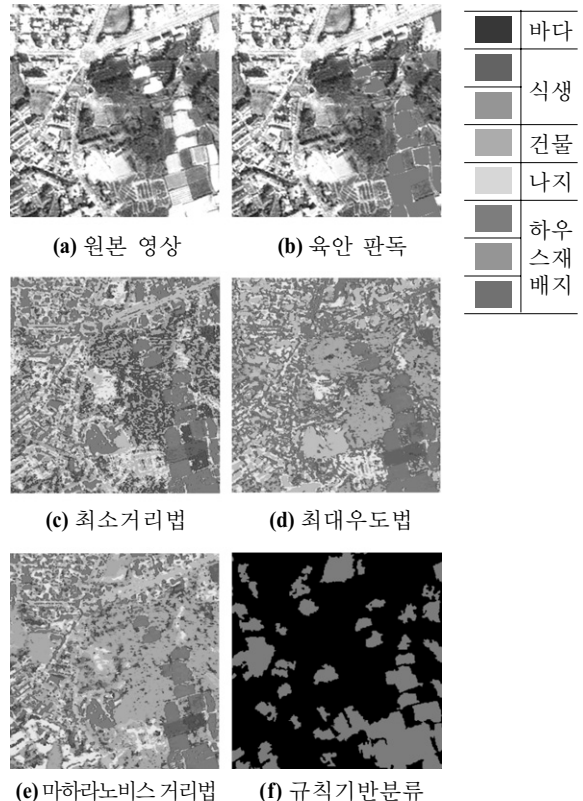


그림 6. 건물밀집지역에 대한 분류 방법별 결과

영상분류 결과, 건물밀집지역에서는 연구에 사용된 분류 방법들에서 상당한 오분류가 발견되었다. 최소거리법과 최대우도법의 경우 하우스재배지와 유사한 분광정보

를 가지는 건물의 상당수가 하우스재배지로 분류되었다. 마하라노비스 거리법의 경우 건물의 일부가 나지로 분류된 곳이 있었지만 하우스재배지에 대해서는 최소거리법, 최대우도법에 의한 분류보다 오분류 정도가 양호한 것으로 나타났다. 또한 규칙기반분류의 경우 하우스재배지의 추출이 누락되는 부분은 없었으나 아파트와 건물, 식생과 나지의 일부가 하우스재배지로 오분류되었다. 건물 분포가 조밀하지 않은 부분에서는 감독분류 결과의 오분류 정도에는 영향이 없었으나 규칙기반분류 시 오분류 정도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 조밀하지 않은 건물의 경우 그 객체의 면적이 규칙에 작성된 면적 범위에 포함되지 않았기 때문으로 판단된다.

3.1.3 도로근처지역

도로근처지역에 대하여 오분류 정도를 분류 방법별로 비교하였다. 그림 7은 도로근처지역에 대한 분류 방법별 결과이다.

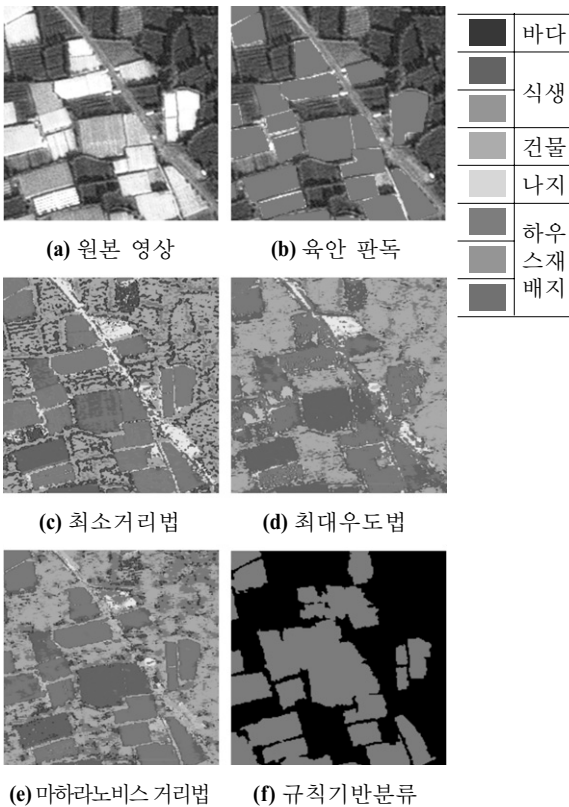


그림 7. 도로근처지역에 대한 분류 방법별 결과

영상분류 결과, 도로근처지역에 대해서는 최소거리법

과 마하라노비스 거리법에 의한 분류 결과가 양호한 것으로 나타났다. 최소거리법의 경우 건물과 같은 클래스로 설정하였던 도로가 나지로 분류되었지만 하우스재배지에 대해서는 오분류가 발생하지 않았다. 최대우도법의 경우 도로의 대부분이 하우스재배지로 분류되었으며 하우스재배지의 일부가 건물로 분류되었음을 파악하였다. 마하라노비스 거리법의 경우에는 오분류된 부분 없이 효과적으로 분류되었다. 또한 규칙기반분류의 경우 도로 부분은 대부분 제거되었으나 식생과 나지의 일부가 하우스재배지로 오분류되는 현상이 나타났다.

3.2 분류 방법간 연계에 의한 탐지 결과

감독분류 결과에서는 식생과 나지의 경우 대체적으로 하우스재배지와 구분 명확하였으나 건물의 경우는 하우스재배지와 유사한 분광특성으로 인해 오분류가 많이 나타났다. 규칙기반분류 결과에서는 건물의 경우 밀집된 지역을 제외하고는 하우스재배지와 구분이 양호하였으나 식생과 나지의 경우 유사한 형태와 크기로 인하여 오분류가 많이 나타났다. 감독분류 결과와 규칙기반분류 결과 사이에 각각 다른 오분류 형태가 나타나므로 상호 보완을 통해 정확도 향상이 가능할 것으로 판단된다. 분류 방법간 연계를 위하여 감독분류 방법에 의한 결과 영상에서 하우스재배지만을 추출하고 규칙기반분류에 의한 결과를 기준으로 마스킹을 통해 새로운 분류 영상을 생성하였다.

결과 영상을 확대하여 특정 지역별로 오분류 정도와 특징을 검토하였다.

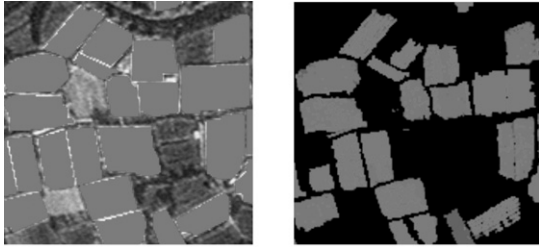
3.2.1 식생지역

식생지역에 대하여 오분류 정도를 비교하였다. 그림 8은 식생지역에 대한 분류영상의 연계 결과이다.

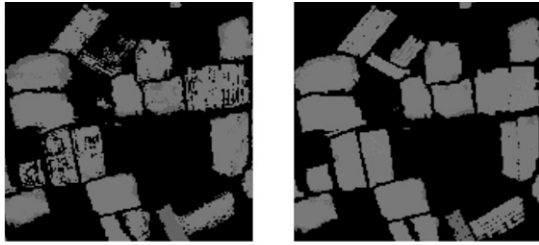
식생지역에서는 전체적으로 감독분류 방법에서 명확히 분류되었던 하우스재배지가 규칙기반분류와의 연계 후 누락된 부분이 발견되었다. 이는 규칙기반분류 결과에서 발견되었던 소수의 하우스재배지 누락이 연계 과정에서도 이어졌기 때문으로 판단된다. 식생지역에서는 규칙기반분류 방법과 최소거리법 또는 마하라노비스 거리법과의 연계 시 양호한 결과를 나타내었다.

3.2.2 건물밀집지역

건물밀집지역에 대하여 오분류 정도를 비교하였다. 그림 9는 건물밀집지역에 대한 분류영상의 연계 결과이다.

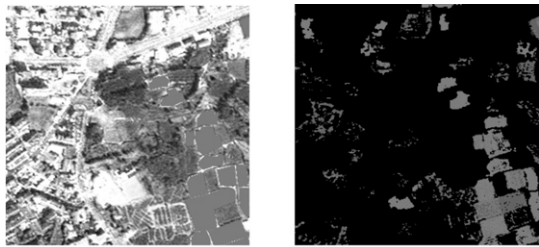


(a) 육안 판독 (b) 최소거리법

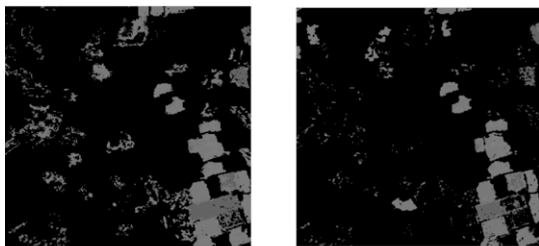


(c) 최대우도법 (d) 마하라노비스 거리법

그림 8. 식생지역에 대한 분류영상의 연계 결과



(a) 육안 판독 (b) 최소거리법



(c) 최대우도법 (d) 마하라노비스 거리법

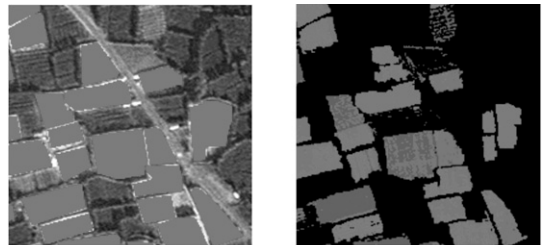
그림 9. 건물밀집지역에 대한 분류영상의 연계 결과

건물밀집지역에서는 전체적으로 규칙기반분류 결과에서 오분류되었던 식생 및 나지가 연계 과정을 통해 대부분 제거되었다. 이는 감독분류 결과에서 식생 및 나지부분이 잘 분류되어 하우스재배지 추출시 제거되었기 때문으로 판단된다. 또한 아파트와 조밀하게 분포된 건물이 어느 정도 제거되었다. 이는 아파트와 건물에 대해서는 감독분류 결과와 규칙기반분류 결과 모두에서 오분류된

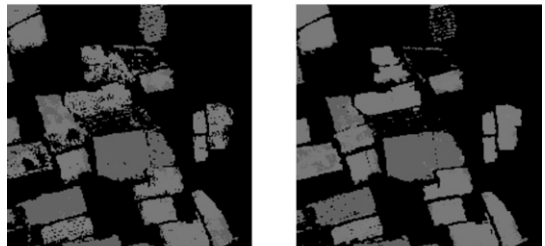
부분이 발견되었지만 오분류된 범위가 달라 연계 시 어느 정도 제거된 것으로 보이며 두 영상의 연계 후 남아있는 노이즈에 대한 제거가 이루어진다면 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 건물밀집지역에서는 규칙기반분류 방법과 마하라노비스 거리법과의 연계 시 가장 양호한 결과를 나타내었다.

3.2.3 도로근처지역

도로근처지역에 대하여 오분류 정도를 비교하였다. 그림 10은 도로근처지역에 대한 분류영상의 연계 결과이다.



(a) 육안 판독 (b) 최소거리법



(c) 최대우도법 (d) 마하라노비스 거리법

그림 10. 도로근처지역에 대한 분류영상의 연계 결과

도로근처지역에서는 전체적으로 규칙기반분류에서 오분류되었던 식생 및 나지부분이 감독분류 방법과의 연계 과정에서 대부분 제거되었다. 이는 감독분류 결과에서 식생 및 나지부분이 잘 분류되어 하우스재배지 추출시 제거되었기 때문으로 판단된다. 세부적으로 최대우도법의 경우 하우스재배지로 오분류되었던 도로 부분이 연계 과정을 거치면서 제거된 것으로 나타났다. 도로근처지역에서는 규칙기반분류 방법과 최소거리법 또는 마하라노비스 거리법과의 연계 시 양호한 결과를 나타내었다.

3.3 탐지 정확도 분석

정확도 분석을 위하여 결과 영상의 하우스재배지 추출 면적과 육안 판독을 통해 파악한 하우스재배지의 면적을 비교하였다. 결과 영상은 감독분류 방법 중 마하라노비스

거리법에 의한 결과와 규칙기반분류에 의한 결과를 이용하였으며, 하우스재배지 추출에 가장 효과적이었던 마하라노비스 거리법과 규칙기반분류의 연계 결과에 대해서도 같은 방법으로 정확도 분석을 실시하였다. 하우스재배지에 대한 픽셀 수를 계산하고 1픽셀의 면적(64m²)을 이용하여 분포 면적을 산출하였다. 표 2는 각 분류 방법별 하우스재배지의 분포 면적을 나타내며, 그림 11은 육안 판독 면적을 기준으로 나타낸 면적 비율 그래프이다.

표 2. 분류 방법별 하우스재배지 분포 면적

구분	마하라노비스 거리법	규칙기반 분류	분류방법 연계	육안 판독	
픽셀수	vinyl1	1,813,100	-	958,447	-
	vinyl2	2,339,062	-	1,484,098	-
	vinyl3	3,739,180	-	834,706	-
	계	7,891,384	7,785,793	3,277,251	4,217,523
1픽셀의 면적	64m ² (8m×8m, 공간해상도 8m)				
방법별 하우스재배지 면적(km ²)	50,504.86	49,829.08	20,974.41	26,992.15	
하우스재배지 전체면적	26,992.15				
하우스재배지 전체 면적에 대한 분류방법별 면적비율(%)	187.1	184.6	77.7	100.0	

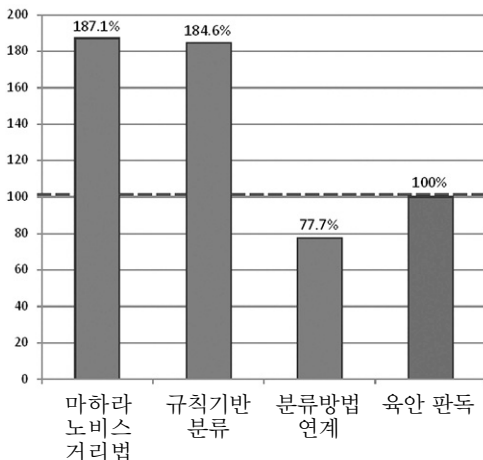


그림 11. 분류 방법별 하우스재배지 분포 면적 비율

표 2와 그림 11에서 나타내는 바와 같이 육안 판독 시 하우스재배지 면적을 100%라 할 때 마하라노비스 거리법에 의한 하우스재배지 면적은 100%를 초과하는 187.1%,

규칙기반분류에 의한 하우스재배지 면적 역시 184.6%로 육안 판독에 비하여 과잉분류 되었음을 알 수 있었다. 마하라노비스 거리법의 경우는 하우스재배지와 분광정보가 유사한 건물 등이 오분류되어 면적이 증가한 것으로 판단되며, 규칙기반분류 방법의 경우에는 식생지수, 형태, 면적 등에서 하우스재배지를 구분하는 규칙에 부합되는 식생과 나지, 아파트와 건물 등이 하우스재배지로 추출되어 면적이 증가한 것으로 보인다.

마하라노비스 거리법에 의한 분류 결과와 규칙기반분류 방법에 의한 분류 결과를 연계한 영상에서의 하우스재배지 면적은 육안 판독 면적의 77.7%로 파악되었다. 즉, 육안 판독 면적과의 오차는 22.3%로 단일 방법으로 마하라노비스 거리법(오차 : 87.1%)과 규칙기반분류(오차 : 84.6%)를 이용한 경우 보다 오차의 크기가 감소하였음을 알 수 있었다. 이는 픽셀기반의 감독분류 방법과 객체의 형태적 특징을 추출하는 규칙기반분류 방법간 제한조건에 의해 두 방법의 연계 시 상호 작용으로 각 방법별 오분류를 최소화 할 수 있었기 때문으로 판단된다.

또한 연계 후의 면적이 육안 판독 시의 면적보다 적게 나타난 것은 마하라노비스 거리법에서는 잘 분류가 되었으나 규칙기반분류 시 누락되었던 하우스재배지 부분이 연계 과정에서 포함되지 못하였기 때문으로 판단된다. 따라서 감독분류 방법과 규칙기반분류 방법의 연계과정에서 바르게 분류된 하우스재배지 부분을 결과영상에 누락시키지 않을 수 있다면 분류정확도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구는 Formosat-2 위성영상을 이용하여 영상분류를 실시하고 영상분류 방법별 정확도 비교를 통해 하우스재배지 탐지에 효과적인 분류 방법을 제시하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 감독분류 방법 중 최소거리법, 최대우도법, 마하라노비스 거리법과 규칙기반분류를 수행하고 하우스재배지 탐지에 적합한 분류 방법을 제시할 수 있었다.
2. 감독분류 방법과 규칙기반분류의 결과를 연계하여 영상을 생성함으로써 두 분류 방법의 오분류 항목을 상호 보완하였다.

3. 감독분류와 육안 탐지 결과의 비교를 통해 마하라노비스 거리법과 규칙기반분류를 연계하였을 때 하우스재배지 탐지 정확도가 향상됨을 알 수 있었다.

향후, 감독분류 결과와 규칙기반분류 결과의 연계 과정에 대한 추가적인 연구가 이루어진다면 하우스재배지의 효율적인 탐지가 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

윤성탁, 김선오, 임상규 (2001), Landsat TM 영상자료를 이용한 평택지역의 토지피복 현황 및 분류정확도 평가, 한국농림기상학회지, 한국농림기상학회, 제3권, 제3호, pp. 163-170.

정인균, 박근애, 김경열, 김성준 (2001), Landsat TM 영상을 이용한 논지역 내 비닐하우스 면적 추정, 한국관개배수, 한국관개배수위원회, 제8권, 제2호, pp. 45-54.

김은석 (2005), 고해상도 위성영상을 이용한 토지피복 분류정확도 향상에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교.

이종열, 김병선 (2008), 공간패턴을 이용한 자동 비닐하우스 추출방법, 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, Vol. 24, No. 2, pp. 117-124.

Ho-Wen Chen, Ni-Bin Chang, Ruey-Fang Yu, Yi-Wen Huang (2009), Urban land use and land cover classification using the neural-fuzzy inference approach with Formosat-2 data, *Journal of applied remote sensing*, Vol. 3, No. 1, 033558.

공간정보 중앙교육센터, <http://ngis.go.kr:9080/egis/inde.jsp>

(접수일 2012. 08. 10, 심사일 2012. 08. 21, 심사완료일 2012. 08. 25)