

공간패턴을 이용한 자동 비닐하우스 추출방법

이종열[†] · 김병선

국토연구원 GIS연구센터

Automated Vinyl Green House Identification Method Using Spatial Pattern in High Spatial Resolution Imagery

Jong Yeol Lee[†] and Byoung Sun Kim

Geospatial Research Center, Korea Research Institute for Human Settlement

Abstract : This paper introduces a novel approach for automated mapping of a map feature that is vinyl green house in high spatial resolution imagery. Some map features have their unique spatial patterns. These patterns are normally detected in high spatial resolution remotely sensed data by human recognition system. When spatial patterns can be applied to map feature identification, it will improve image classification accuracy and will be contributed a lot to feature identification. In this study, an automated feature identification approach using spatial autocorrelation is developed, specifically for the vinyl green house that has distinctive spatial pattern in its array. The algorithm aimed to develop the method without any human intervention such as digitizing. The method can investigate the characteristics of repeated spatial pattern of vinyl green house. The repeated spatial pattern comes from the orderly array of vinyl green house. For this, object-based approaches are essential because the pattern is recognized when the shapes that are consists of the groups of pixels are involved. The experimental result shows very effective vinyl house extraction. The targeted three vinyl green houses were exactly identified in the IKONOS image for a part of Jeju area.

Key Words : texture, spatial auto-corelation, feature identification.

요약 : 지형지물은 각각의 특징적 요인을 내포하고 있다. 이 특징적 요인들은, 공간해상도에 따라 정도의 차이가 있겠지만, 수집된 위성영상에도 반영된다. 이러한 요인들 중에서는 영상분류에 활용될 경우 영상 분류의 정확도를 높여 주고, 때로는 이것이 거의 물체인식의 수준까지 기여할 수 있는 것들이 있다. 이 연구에서는 텍스춰 및 지형지물의 배열에 있어서 특징적 현상을 보이는 비닐하우스를 대상으로 spatial autocorrelation 개념을 기반으로 자동적으로 이를 인지하는 방법을 개발하였다. 사용된 알고리즘은 디지털링과 같은 사람의 직접적인 개입이 없이 자동화된 방법으로 비닐하우스의 특정한 패턴이 반복적으로 나타나는 것을 감지할 수 있도록 개발되었다. 패턴의 인식에 더하여 비닐하우스의 기하학적 모양을 고려하는 방법도 도입하였다. 그럼으로써 비닐하우스의 추출에 단순히 화소 단위의 분석이 아닌 보다 객체지향적인 방법으로 비닐하우스를 추출하도록 하였다. 개발된 방법을 제주지역의 IKONOS에 적용시켜 본 결과, 연구대상지역 내의 비닐하우스가 매우 정확하게 추출되었다.

1. 서론

높은 공간해상도의 인공위성영상이 다수의 상업용 지구관찰 인공위성에서 생산되어 공급되고 있다. 인공위성의 센서들은 앞으로도 공간해상도를 점차 높여 갈 것이며, 한국도 아리랑 5호에서는 서브미터의 영상을 획득할 수 있는 센서를 탑재할 것을 계획하고 있다. 이러한 수준의 영상에서는 우리가 관심을 가지고 있는 개개의 지형지물을 비교적 정확하게 식별하여 낼 수 있다. 이들 센서를 통해 수집되는 고해상도의 위성영상에 있어서는 지형지물이 가지고 있는 여러 가지의 특성이 중저해상도에서와는 달리 그대로 유지될 가능성이 크고 이것이 영상판독에 연결되어지기 때문이다.

이러한 특성을 보여주는 요인들 중에서는 자동 영상 분류나 물체인식에 활용될 수 있는 것들이 있다. 활용이 가능한 정보로서는 지형지물의 기하학적 모양 특성, 텍스처 및 배열 특성 등을 들 수 있다(Ryherd and Woodcock, 1996). 기하학적 모양이 영상분류에서 활용될 수 있는 지형지물의 대상으로는 도로와 철도를 들 수 있다. 또 지형지물의 배열에 있어서 특성을 보이는 유형은 과수원이나 인공적인 식재림 등을 들 수 있다. 이러한 배열의 특징을 보여주는 또 다른 유형으로서는 비닐하우스 등을 들 수 있다. 비닐하우스의 경우 일정한 간격으로 동일하거나 유사한 분광특성의 스트립이 반복적으로 출현한다. 식재림의 경우도 정도의 차이는 있지만 유사한 특성을 보이고 있다. 이러한 특징적 요소가 분명하게 드러나는 토지이용/피복 유형에 대하여는 이러한 개별 지형지물의 특징을 감지할 수 있는 알고리즘이 적용될 수 있다면 매우 정확하게 그에 해당하는 토지이용/피복 유형 또는 물체를 분류 또는 인식하여 낼 수 있다. 이러한 특징을 보이는 요인들을 감지한 정보에 분광특성 정보를 추가하여 토지이용/피복 유형분류에 사용할 경우 정확도를 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

앞에서 언급된 비닐하우스와 과수원은 농업지역의 토지피복분류 체계(안)을 보면 농업지역의 중요한 부분을 차지하는 토지피복유형이다. 환경부 토지피복분류 체계에 따르면 토지피복분류 상 대분류 농업지역은 모두 5개의 중분류 항목으로 나누어져 있다. 이 중 하우스 재배지와 과수원은 각각 논, 밭 그리고 기타재배지와 함께 중분류 항목으로 분류되어 있다(환경부). 따라서 이

러한 유형의 토지이용 상태를 지속적으로 모니터링하여 필요한 정보를 수집하는 것이 반드시 필요하다. 그러나 이러한 정보를 보다 정확하고 실시간에 가깝게 수집하고 제공하여 주는 것은 쉬운 일이 아니다. 이것이 전국토에 걸쳐 발생하는 토지이용 유형이고 또한 변화가 비교적 많을 것으로 판단되는 토지이용 유형이기 때문이다. 따라서 일일이 영상판독을 통하여 이와 같은 정보를 수집한다는 것은 매우 많은 시간을 투입하여야 하고 많은 비용을 수반하는 일이다. 이들 토지이용 유형들에 대한 현황을 지속적으로 관찰하고 작성하기 위하여는 보다 효과적인 영상분류 혹은 인식방법의 개발이 절실히 요구된다.

농업적 토지이용/피복 분류에 있어서의 문제점은 농업적 토지이용/피복유형 간의 상세한 분광특성 식별이 어렵다는 것이다. 매우 정확한 스펙트로미터를 이용할 경우 이의 측정치를 사용한다 하더라도 식별의 가능성은 높아지겠지만 정확한 식별은 곤란할 것으로 판단된다. 분광특성 만으로는 농업적 토지이용/피복 유형의 분류는 어려운 과제라고 할 수 있다. 또 농업지역의 식생과 도시내 녹지와는 구별도 곤란하며, 인접지역의 특성 등 context 정보 등을 활용할 경우 유형 분류에 정확도를 높일 수 있다.

이 연구에서는 분광특성만을 이용한 토지피복분류 방법을 통해서 분류가 용이하지 않은 농업지역 분류 방법을 검토하였다. 특히 토지피복분류의 유형이 공간적 패턴을 보이는 토지피복분류 항목의 분류방법 개발에 초점을 두었다. 위성영상의 토지이용/피복분류에 있어서 연구대상지역 내에서 이러한 특징을 보이는 지형지물을 별도로 분리하여 이들에 대한 검출 알고리즘을 적용하여 분류하는 방법을 탐색하였다. 이 중에서도 비닐하우스의 추출에 중점을 두었다. 그럼으로써 물체인식의 수준에 가깝게 비닐하우스의 영상분류가 이루어져 보다 정확한 분류결과를 얻을 수 있도록 시도하였다.

2. Spatial Autocorrelation 기반 비닐하우스 추출 방법

비닐하우스의 경우 이 지역에 대한 분광 측정치가 식생의 특성을 보이지 않기 때문에 일반적인 분광특성치

기반의 분석 방법으로는 농업지역의 특성인 식생으로 분류되지 않는다. 더구나 일반적 도시적 토지이용/피복 분류 유형과도 구별되지 않는 분광특성을 가지고 있어 일반적인 분광특성 기반의 분석방법으로는 기 개발된 도시지역으로 분류될 가능성이 크다. 따라서 이러한 결과는 농촌 한가운데 도시적 토지이용/피복이 간간이 나타나는 형태를 초래할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 이 연구에서는 비닐하우스가 가지고 있는 구조물의 집합이 나타내는 텍스춰 특성 기반 접근 방법을 개발하여 비닐하우스를 별도로 분류하도록 하였다. 비닐하우스는 농업이 근대화되면서 매우 일반적인 영농의 방식이 되고 있다. 이러한 유형의 농업적 토지이용은 전반적으로 농촌지역에 편만하게 존재한다고 할 수 있다. 더구나 4계절의 전천후 영농과 경제성이 높은 작물들의 재배에 일반적으로 적용되고 있는 영농방법이기 때문에 이들 지역을 별도로 분리하여 검출하여낸 정보는 농업분야에서도 중요한 정보가 될 수 있다.

우선 비닐하우스가 군집되어 있는 지역이 가지고 있는 특성을 추론하여 보면 비닐하우스가 가지고 있는 독특한 텍스춰를 들 수 있다. 군집된 비닐하우스 지역의 텍스춰 특성은 비닐하우스의 구조물이 일정한 폭을 유지하며 구축되는 것이 일반적이기 때문에 동일한 분광특성이 일정한 간격을 두고 반복되어 나타나는 것이다. 이렇게 동일한 분광특성이 일정한 간격을 두고 반복되는 것은 과수원 및 인공 식재림에서도 발견할 수 있다. 이것은 일반적으로 구조적으로 잘 정돈된 식재 형태가 나타내는 특성과 일맥상통하는 현상으로 볼 수 있다.

이 형태가 보유한 텍스춰 특성이 인접한 지역에서 빈번하게 나타나는 패턴은 spatial autocorrelation의 기본적인 특성이라고 할 수 있다. 특정한 분광특성 혹은 이것들의 집합이 이루는 특성이 공간적으로 인접하여 나타나는 지역은 spatial autocorrelation을 가지게 되며 이러한 상관관계를 상기의 두 토지이용/피복분류 방법에 적용할 수 있을 것이다 (Wulder and Boots, 1998).

3. Spatial autocorrelation 분석 방법

유사한 분광특성 측정치의 변화패턴이 일정한 거리

(lag)을 두고 반복되는 현상에 대한 분석의 통계적 수단은 spatial autocorrelation을 분석하는 것이다. 분광특성의 spatial autocorrelation의 패턴 추출의 방법은 다양할 수 있을 것이다. 이러한 현상을 규명하기 위하여 지금까지의 연구에서 사용한 방법의 개념을 수식으로 나타내면 다음과 같다. 이것은 특정 지역의 분광특성의 변화패턴이 일정한 간격으로 유사하게 변화하는 것을 찾아내기 위한 것이다.

$$x(normal)_{i,j} = (x_{i,j} - \bar{X})$$

여기서

$$\bar{X} = \frac{a}{i} \sum_j x_{i,j}$$

$$A_{(g,h)} = \sum_i \sum_j x(normal)_{i,j} x(normal)_{i+g,j+h}$$

Warner(2005)는 이러한 개념을 영상에 적용시키는 알고리즘을 개발하고 영상에 직접적으로 적용하였다. 그 과정을 살펴보면 우선 기준이 되는 특정크기의 커널을 설정하여 이 커널 내에서의 분광특성의 변화 패턴을 검출한다. 이 커널 내의 분광특성의 변화 패턴이 언급한 특성을 보이게 되면, 이 커널의 패턴을 커널을 이동하여 가면서 인접한 화소들의 집합에 적용시켜 비교한다. 비교의 결과 변화의 패턴이 동질적인 것이 확인되면 그 커널에 대하여 spatial autocorrelation이 있음을 표기하고 다음의 인접지역으로 커널을 이동시킨다. 이러한 과정을 영상 전체에 대하여 적용한 후 그 결과를 별도의 데이터 셋으로 저장하여 활용한다.

그러나 이 방법은 화소 단위의 접근방법으로 물체 자체의 인식에는 한계를 갖는다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 기존의 화소단위 접근방법에 근간을 둔 텍스춰 및 spatial autocorrelation의 분석을 물체단위의 접근방법으로 전환시킬 필요가 있다. 이 경우 보다 현실에 가까운 분석의 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

이 연구에서는 이러한 문제점을 보완하고 보다 물체 기반의 접근방법을 도입하였다. 사용된 방법은 우선 영상의 텍스춰를 먼저 분석하여 물체의 특징을 나타내 주는 대표적인 텍스춰 특성을 도출하였다. 텍스춰를 도출하는 방법은 GLCM 등 다양하게 개발되어 있다 (Haralick and Shanmugam, 1974).

이 연구에서는 spatial autocorrelation의 특성인 반

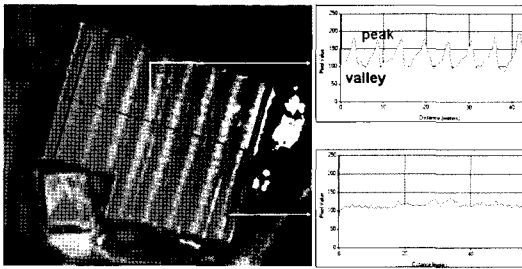


Fig. 1. Spatial pattern of DN of vinyl green house.

주) 우측 상단의 그래프는 비닐하우스의 횡단면에 대한 DN의 크기를 보여주고 있으며, 하단의 그래프는 종단면에 대한 DN의 크기를 보여주고 있음.

복적인 DN(digital number)의 출현을 쉽게 감지하여 낼 수 있도록 DN의 크기를 바탕으로 한 ridge 혹은 valley를 추출하는 방법을 사용하였다. ridge의 추출은 영상을 횡으로 비닐하우스의 DN의 공간적 패턴을 보면 다음의 Fig. 1에 나타나 있는 것과 같이 비닐하우스의 종축으로는 거의 유사한 DN이 관찰되고 있다. 또 횡축으로는 일정한 간격으로 DN이 ridge와 valley를 반복적으로 나타내고 있는 것이 관찰되고 있다.

추출된 DN의 ridge 중 비닐하우스의 특성을 반영하여 줄 수 있는 일정 크기의 ridge만을 분별하여 내었다. 그리고 추출된 텍스처 정보를 기반으로 spatial autocorrelation 방법을 적용하여 동일한 공간적 패턴이 나타나는 지역을 검색하였다. 비닐하우스와 같은 경우 도출된 텍스처 즉 ridge와 valley가 비교적 일정한 lag를 두고 반복되어 나타나고 있다. spatial autocorrelation을 보이는 ridge들 중 비닐하우스의 공간적 크기와 유사한 것들을 분류하여 비닐하우스의 존재를 확인하였다.

이 과정을 좀 더 자세히 살펴보면 우선 DN값을 기준으로 ridge를 이루는 화소들을 모두 추출하였다. ridge는 시작점을 기준으로 하여 횡으로 움직이면서 DN이 점차 증가되다 감소되는 변곡점을 찾아 연결하여 구축하였다. ridge로 추출된 화소들은 이들이 속한 토지피복 유형에 따라서 때로는 규칙적으로 때로는 매우 무작위적으로 나타난다. 비닐하우스의 경우 이의 특성인 장방형의 스트립 형태로 인하여 비닐하우스 크기에 대응한 직선 형태의 선분이 ridge로 나타난다. 이에 준거하여 이들의 공간적 패턴을 정리하는 첫 단계로서 비닐하우스의 형태에 맞지 않는 짧은 형태의 무작위적으로 나타나는 ridge들을 제거하였다. 그리고 남은 ridge들의

선형을 체크하여 직선을 이루는 연속된 ridge 화소의 수를 개개의 선분별로 검색하여 두었다. 다음의 단계에서는 비닐하우스의 크기에 대응한 크기의 ridge 선분들만 남기고 짧은 선분들은 제거하였다. 그리고 이어진 단계에서는 남은 선분들을 개개별로 식별할 수 있도록 tag를 부여하였다. 그리고 각각의 선분별로 선분의 방향을 산출하여 선분의 식별자와 함께 선분의 속성으로 저장하도록 하였다. 다음의 단계는 spatial autocorrelation을 검색하는 것이다. 먼저 각 선분별로 인접하여 동일한 공간적 패턴이 발생되는지를 검색하였다. 일정한 lag를 두고 동일한 방향의 선분이 나타나는지를 검색한다. 이것은 비닐하우스가 연속적인 장방형의 형태로 집단을 이루어 만들어지기 때문에 그 특성을 이용한 것이다. 그리고 동일한 방향의 선분이 나타나면 이들 사이의 화소들에 tag를 하여 spatial correlation이 발생하는 구간임을 알 수 있도록 하였다. spatial autocorrelation이 발생되지 않는 선분은 제거하였다. 마지막 단계에서는 비닐하우스와 유사한 공간적 패턴을 갖는 토지피복 유형이 있을 수 있으며 이들과 비닐하우스를 구별하기 위한 과정이다. 이를 위하여 정규식생지수를 이용하여 비닐하우스와 식생 중에 이러한 공간적 패턴을 보이는 토지피복 유형을 분리하였다.

위에서 논의된 과정들은 포트란 7.0을 이용하여 개발되었다. 이 과정은 사용자의 디지털라이징과 같은 작업이 전혀 없이 컴퓨터에 의하면 이루어졌다. 다만 사용자와 컴퓨터의 interaction은 세차례 개입된다. 첫째로는 ridge의 크기를 지정하여 이보다 작은 것들을 제거할 때이고 두번째로는 정규식생지수의 크기를 지정하여 식생지역을 판별할 때이다. 그리고 세 번째로는 ridge가 나타나는 간격을 지정하는 lag를 설정할 때이다. 이 과정에서 추출된 ridge나 valley의 크기, 그리고 이들이 반복적으로 나타나는 간격으로서의 lag는 프로그램에서 조정할 수 있도록 하였다. 필요하다면 일정한 범위 내의 ridge 등의 크기와 lag의 크기를 모두 분석하여 결과를 별도로 관리할 수 있을 것이다.

4. 연구대상지역 자료 및 처리

연구대상지역은 제주시 교외의 일부지역으로 시가화

지역과 농촌지역이 혼재되어 있는 지역이다. 연구대상 지역은 도시화 지역과 농촌지역이 적절하게 포함되어 분석방법이 일반화될 수 있는지를 결과를 통하여 확인할 수 있도록 하였다.

이 연구의 자료는 2000년 5월에 수집된 IKONOS pan-sharpened된 다중분광 영상이다. 이 영상은 원시 자료가 11 bits 방사해상도를 가지나, 분석을 용이하게 하기 위하여 단순 linear stretching의 방법을 적용하여 8 bits 방사해상도를 갖도록 하였다. 분석에 사용된 밴드는 0.450-0.520 μ m 파장역을 갖는 blue 밴드이다. infra red를 제외한 3개의 밴드가 보이는 텍스처 특성에서 서로 간에 큰 차이를 보이지 않아 밴드의 선택은 크게 중요하지 않았다.

개발된 비닐하우스 프로그램을 연구대상지역의 자료에 적용하였다. 연구대상지역의 blue 밴드에 대하여 DN의 ridge를 구하였다. 이렇게 구하여진 ridge는 Fig. 2의 우측 상단 그림에 제시되어 있다. 이 그림에서 보는 것과 같이 DN의 ridge는 때로는 불규칙하게, 때로는 규칙적으로 나타나고 있다. ridge가 연속적으로 나타나는 크기도 물체의 특성에 따라서 다양하게 나타나고 있다. ridge의 추출 결과에서 보면 비닐하우스의 지역은 추출된 ridge가 연속적으로 일정한 크기를 가지고 나타나고 있음을 발견할 수 있다.

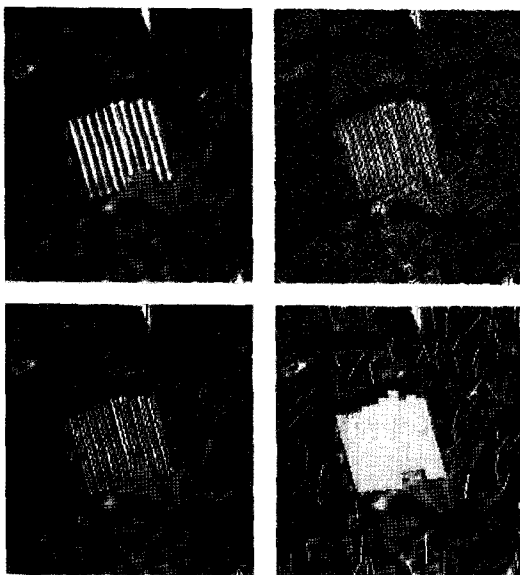


Fig. 2. Process for searching region that shows spatial autocorrelation.

이 중에서 비닐하우스의 형태에 맞지 않는 짧은 형태의 무작위적으로 나타나는 ridge들은 영상의 모든 부분에서 나타난다. 이러한 현상은 측정된 DN이 동일한 물체 내에서도 다소간의 variation을 가지고 측정되기 때문이다. 그러나 이 요인에 의한 ridge는 당연히 규칙적인 형태를 갖추기보다는 무작위적으로 나타나는 것이 일반적이다. 따라서 이들은 관심의 대상이 아니므로 제거하도록 하였다.

그리고 남은 ridge들의 선형을 체크하여 직선을 이루는 연속된 ridge 화소의 수를 개개의 선분별로 검색하였다. 그리고 비닐하우스의 크기를 고려한 적합한 크기의 ridge 선분들만 남기고 짧은 선분들은 제거하였다. 남은 ridge들의 선형을 체크하여 직선을 이루는 연속된 ridge 화소를 10개를 최대로 하여 개개의 선분별로 검색하여 두었다. 그러나 이 결과에는 아직 ridge가 집단적으로 나타나 선의 형태를 가지지 못한 부분들도 포함되어 있으므로 이를 thinning의 방법(Pratt, 2001)으로 제거하였다. ridge가 면의 형태로 나타나는 부분은 DN이 일정한 값을 갖는 건물의 슬라브 지붕 등에서 나타난다. 이것은 영상의 처리를 용이하게 하기 위하여 11bit의 DN을 8bit으로 스트레치시켰기 때문에 일정 값 이상을 갖는 DN은 모두 최고값인 255를 갖게 되고 이것이 집단적으로 ridge로 체크되었기 때문이다.

추출하고자 하는 비닐하우스의 최소 크기를 설정하고 추출된 ridge의 크기를 기반으로 그 이상의 크기를 가지는 ridge만을 선택하였다. 이 연구에서 적용한 ridge의 최소 크기 즉 비닐하우스의 최소 길이는 10미터로 설정하였다. 이 결과가 Fig. 2의 좌측 하단 그림에 제시되어 있다. 이 결과로서 검출된 ridge의 개수는 총 9904개이다. 이들은 개개별로 인식자가 부여되었다. 이의 공간적 분포 특성을 살펴보면 10미터 이상을 대상으로 추출된 ridge들은 비닐하우스 및 감귤 재배지를 중심으로는 규칙적으로 배열되어 있으며, 그 외의 지역에서는 다소 불규칙하게 배열되어 있는 것으로 나타났다.

10미터 이상의 크기를 갖는 ridge들을 대상으로 이러한 현상들이 나타나는 lag를 ridge의 방향과 함께 분석하였다. 방향은 추출된 ridge를 이루는 화소들의 배열을 이용하여 산출하였으며 lag는 3-7미터를 기준으로 하였다. 설정된 lag의 범위 내에서 기준이 되는 선분을 횡으로 움직이면서 선분의 유무를 우선 감지하도록 하

였다. 이 과정에서 인접한 선분이 발견될 경우 이 선분들의 방향성을 상호 비교하였다. 그리고 동일한 방향의 ridge가 이루는 선분이라고 판정되면, 이를 별도로 마크하여 공간적 패턴이 유사한 형태의 물체가 연속하여 존재하여 spatial autocorrelation 현상이 나타난 지역으로 판정하였다. 이렇게 선정된 ridge들을 연결하여 이것들이 차지하는 부분을 별도로 tag를 하여 둠으로서 비닐하우스의 후보지점으로 추후 활용할 수 있도록 하였다. 이 결과는 Fig. 2의 우측 하단에 제시되어 있다. 이 그림에서 제시된 것과 같이 비닐하우스가 설치된 부분과 개별 비닐하우스의 크기까지도 상세하게 인식하여 내고 있는 것을 볼 수 있다.

그러나 주어진 조건과 유사한 공간적 패턴을 보이는 토지피복 유형은 비닐하우스 외에도 존재할 수 있다. 연구 대상지역에서 보여지는 이러한 토지피복 유형은 제주도의 많은 부분을 차지하는 감귤 과수원이다. 이 지역은 종종 위의 과정을 적용할 경우 동일한 공간적 패턴과 spatial autocorrelation 현상을 보이는 지역으로 검출되어진다. 이 단계에서 spatial autocorrelation의 분석에만 의존할 경우 비닐하우스 외에도 2개의 과수원지역이 강한 spatial autocorrelation을 보이는 지역으로 추출되었다. 이들 지역을 비닐하우스와 구별짓기 위하여 최종의 단계에서 검출된 spatial autocorrelation이 나타난 지역에 대하여 식생활력을 정규식생지수(Lillesand and Kiefer, 2000)로 비교하였다. 비닐하우스의 경우 덮개인 비닐 때문에 낮은 정규식생지수를 보일 수 밖에 없으며, 과수원의 경우는 식생의 특성인 높은 정규식생지수를 보인다. 일정 수준 미만의 정규식생지수(여기서는 170)를 기준으로 식생과 그 외 지역으로 구분하였다. 그림으로써 최종의 연구대상지역 내 비닐하우스를 검출하여 내었다. 최종적으로 비닐하우스의 검출에 기여한 ridge의 수는 세 개의 비닐하우스에 각각 10개, 7개, 그리고 10개로 총 27개의 ridge가 비닐하우스의 검출에 최종적으로 기여하였다.

5. 결과 및 논의

농업적 토지이용의 형태적 특성은 이용 형태에 따라 매우 다양하기 때문에 일반적으로 나타내기 어려우나

식물의 배치에 있어서 규칙적인 파종 및 식재의 형태를 들 수 있다. 그러나 이들도 작물의 종류에 따라서 형식이 다양하고 과수원과 같은 과수 농업까지를 감안한다면 더욱 복잡하여진다.

이렇게 농업적 토지이용의 형태적 특성은 다양하지만 분광특성 측면에서는 매우 뚜렷한 특성을 가지고 있는 바 이것은 식물의 분광특성에 의한 높은 정규식생지수 측정치이다. 그러나 이러한 특성은 식생이 분포하는 지역에 대하여는 그곳이 도시지역 내이든 농업지역 내이든 큰 차이가 없이 유사한 특성을 보인다.

이와 같은 분광특성 중심의 농업적 토지이용/피복 분류에 있어서의 또 다른 문제점은, 농업적 토지이용/피복 유형 중 상당한 부분을 차지하고 있는 시설 영농은, 매우 다른 분광특성을 가지기 때문에 이에 대한 분광특성을 이용한 판별이 불가능하다는 것이다. 따라서 분광특성 만으로는 농업적 토지이용/피복 유형의 분류는 어려운 과제라고 할 수 있다.

이러한 측면에서 볼 때 단순한 분광특성에만 의존한 영상의 분류를 통하여 농업지역을 모두 추출하는 데는 한계가 있을 수 밖에 없다. 이 연구에서는 분광특성에 의존할 수 없는 농업적 토지이용을 판별함에 있어서 이러한 제약을 극복하고, 고해상도의 영상이라는 특성을 살릴 수 있는 문제를 다루고자 하였다. 이 중 특히 비교적 중요하고 구별이 요구되는 비닐하우스 재배지역을 분류하는 것에 초점을 두었다.

사용된 알고리즘은 디지털이징과 같은 사람의 직접적인 개입이 없이 자동화된 방법으로 비닐하우스의 특정한 패턴이 반복적으로 나타나는 것을 감지할 수 있도록 개발되었다. 패턴의 인식에 더하여 비닐하우스의 기하학적 모양을 고려하는 방법도 도입하였다. 그림으로써 비닐하우스의 추출에 단순히 화소 단위의 분석이 아닌 보다 객체지향적인 방법으로 비닐하우스를 추출하도록 하였다.

분석결과를 검증하여 보면 육안으로 판독된 비닐하우스는 모두 5개소였다. 이는 Fig. 3의 a)에 제시되어 있는데, 5개소의 특징을 보면 3개의 비닐하우스 지역은 일반적인 비닐하우스지역으로서 덮개인 비닐이 그대로 노출된 곳이다. 그 외의 2개 비닐하우스 지역은 보온을 위하여 비닐의 위에 검은 덮개를 덧씌운 비닐하우스이다. 이 연구에서 판별된 비닐하우스는 Fig. 3의 b)에 제



a) Vinyl green houses as the results of visual image interpretation



b) Vinyl green houses as the results of the proposed method

Fig. 3. The result of experiment for the study area.

시되어 있다. 사용된 과정을 통해 인식된 비닐하우스는 5개 중 3개이다. 육안판별된 5개의 비닐하우스 중에서 검은 덮개가 별도로 씌워지지 않은 일반적인 비닐하우스로서 매우 정확하게 비닐하우스 지역을 추출하였다. 검은 덮개가 씌워진 2개의 비닐하우스의 경우 측정된 DN이 비닐하우스의 형태가 보여주는 공간적 패턴을 충분히 가지고 있지 못하다. 이것은 검은 덮개가 비닐하우스의 공간적 패턴인 DN의 ridge와 valley가 반복적으로 나타나는 현상을 상당히 희석시키고 있기 때문이다.

개발된 방법을 제주지역의 IKONOS에 적용시켜 본

결과, 연구대상지역 내의 비닐하우스가 매우 정확하게 추출되었다. 이 방법은 좀 더 발전된다면 인공식재림이나 과수원 등의 인식에도 활용될 수 있어, 비닐하우스의 분포는 물론 인공식재림과 과수원 등의 위치와 크기 등의 파악에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

제시된 알고리즘의 적용은 영상의 특별한 촬영 시기나 조건을 필요로 하지 않는다. 다만 눈으로 인하여 비닐하우스의 공간패턴이 영상에서 나타나지 않을 경우 이 방법을 적용하기 다소 어려울 수도 있을 것으로 예상된다. 이 방법은 또한 해상도가 높아 비닐하우스의 형태가 화소에 의해 충분히 분해되는 수준의 영상에 대하여는 일반적인 적용이 가능할 것으로 판단된다.

6. 결론

이 연구에서는 물체기반의 spatial autocorrelation을 활용한 고해상도 위성영상의 영상분류 및 물체인식에 대하여 알고리즘을 개발하여 제시하였다. 그리고 개발된 방법을 실제 영상자료에 적용하여 보았다. 실제 적용 결과를 바탕으로 이 방법이 일정한 공간적 배열 패턴을 보이는 물체를 분류하여 내는데 있어서 매우 유용한 방법임을 제시하였다. 제주시의 IKONOS 영상에 적용하여 본 결과는 매우 정확하게 비닐하우스 지역을 추출하여 낼 수 있었다.

이 연구의 특징은 인간의 물체인식의 과정을 일정한 정도 모방하여 연구 대상인 비닐하우스를 인식하여 내도록 하였다는 데에 큰 의의가 있다. 특히 화소단위의 접근이 아니고 물체 단위의 접근방법을 적용함으로써 개별적인 비닐하우스의 동(棟)까지도 식별할 수 있는 가능성을 확인하였다. 이러한 접근방법은 점차 높은 공간해상도의 지표에 대한 영상자료가 일반화되어가고 있는 추세에서 중요한 접근방법이라고 할 수 있다.

공간해상도 1미터 미만의 영상에서는 관심의 대상이 되는 지형지물이 여러 개의 화소로 분할되어 자료가 수집되기 때문에 물체 내의 variance가 영상처리에 있어서 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서 화소단위의 접근방법 보다는 물체단위의 영상분석 접근방법이 더욱 중요하게 역할을 할 수 있을 것이다. 이러한 접근방법이 인간의 물체인식의 과정과 보다 가까운 형태로서 기존의 화소단

위 분석에서 진일보된 분석방법이라고 할 수 있다.

이 연구의 결과에서 보는 것과 같이 연구대상지역 내의 비닐하우스가 개별 화소의 개념으로서가 아니라 비닐하우스라는 지표상의 물체라는 개념으로서 분석되어 상당한 수준의 정확도를 가지고 3개의 비닐하우스 지역을 추출하여 내는데 성공하였다.

향후의 연구과제로서는 우선적으로는 비닐하우스와 유사한 공간적 패턴을 보이는 과수원 및 인공식재림에 대하여도 이와 유사한 분류방법을 적용하는 것을 연구할 필요가 있다. 더 나아가서는 영상분석의 기초로서 정확한 개별 지형지물의 인식이 이루어진 후, 필요한 영상 분석 혹은 공간정보로서 활용에 개별 지형지물 인식자료가 쓰여지도록 하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

사 사

이 연구는 과학기술부의 원격탐사기술개발사업에서 연구비를 지원받아 수행되었습니다. 감사드립니다.

참고문헌

- Haralick, R. M., K. Shanmugam, and I. Dinstein. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 3(6): 610-621.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer, 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation* (4th ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, USA
- Pratt W. K., 2001. *Digital Image Processing* (3th ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, USA
- Ryherd, S. and C. Woodcock. 1996. Combining spectral and texture data in the segmentation of remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62(2): 181-194.
- Warner, T. and K. Steinmaus. 2005. Spatial classification of orchards and vineyards with high spatial resolution panchromatic imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 71(2): 179-181.
- Wulder, M., and B. Boots, 1998, Local spatial autocorrelation characteristics of remotely sensed imagery assessed with the Getis statistic. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (11): p.2223-2231.
- 환경부, 2008. <http://egis.me.go.kr/egis/>