

국토연 2002-57

View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

provided by K

Land Use/Cover Classification Method for Individual Land Parcel
in High Spatial Resolution Remotely Sensed Imagery

●
이종열 · 황승미



연구진

연구책임 · 이종열 연구위원
연구반 · 황승미 연구원

국토연 2002-57 리모트센싱을 이용한 필지별 토지이용현황 조사방법 연구

글쓴이 · 이종열 · 황승미 / 발행자 · 이규방 / 발행처 · 국토연구원
출판등록 · 제2-22호 / 인쇄 · 2002년 12월 27일 / 발행 · 2002년 12월 31일
주소 · 경기도 안양시 동안구 관양동 1591-6 (431-712)
전화 · 031-380-0426(정보자료팀) 031-380-0114(대표) / 팩스 · 031-380-0474
<http://www.krihs.re.kr>

© 2002, 국토연구원

* 이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서
정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

서 문

최근 원격탐사기술의 발달로 인공위성과 항공기 등으로부터 고해상도의 원격 탐사자료의 수집이 가능하여졌다. 이렇게 수집된 자료의 상세한 정도가 국토관리에서 필요로 하는 자료의 요구를 상당한 정도 충족시킬 수 있는 수준에 도달하였다. 이를 위하여 정부는 많은 비용과 노력을 투자하였으며 향후에도 이것은 지속될 것으로 예상된다. 정보통신부의 「우주개발장기기본계획 수정(안)(2001~2015)」에 의하면 우주개발에 동기간 동안 약 5조2000억원의 예산을 투입할 계획이며, 이 중 상당부분이 지상관측을 위한 다목적위성 부문에 투입될 예정이다. 특히, 2005년부터 1미터 해상도의 국산 위성영상을 생산하게 될 아리랑 2호에는 2,670억원을 투입할 예정이다.

이렇게 막대한 비용을 투입하여 수집한 정보나 자료들이 제대로 활용될 수 있도록 하는 것은 정보나 자료의 수집에 못지 않게 중요한 일이다. 새로운 인공위성인 아리랑 2호에서 수집되는 자료는 주로 국토와 관련된 내용들이다. 이 자료들이 제대로 분석될 경우, 국토가 행정적인 관리와 병행하여 실제로 어떻게 이용되고 있는지의 실제 상황을 손쉽게 파악할 수 있을 것이다. 시계열로 이러한 자료들이 축적될 경우, 국토이용의 변화에 대하여도 상세하게 파악할 수 있을 것이다. 특히 도시 및 지역에 대한 계획과 연구를 비롯하여 토지적성평가, 난개발, 불법적 토지형질변경, 도시확산의 분석 및 모니터링 등 국토의 이용계획과 관리에 활용할 수 있을 것이다.

그러나 고해상도 위성영상 자료의 실용화에 있어서의 문제점은 이를 분석하는 방법이 다양하게 개발되어 있지 않다는 것이다. 따라서 이의 잠재력이 충분히 발

회될 수 있는 여건이 제대로 갖추어져 있지 못한 실정이다. 이를 위하여 별도의 연구개발이 절실히 요구되나, 연구의 어려움과 더불어 중요성의 인식이 제대로 이루어지지 않아 관련된 연구가 활발하지 못하였다. 그러나 향후 수년 이내에 고 해상도의 인공위성 영상자료가 양산체제에 돌입될 것이 분명하다. 국토도 이제 지리정보체계와 더불어 인공위성 영상자료 등을 이용하여 보다 과학적인 관리를 할 수 있는 여건의 일부가 갖추어진 셈이다. 따라서 이에 대한 연구가 시급하게 요구되고 있다.

이러한 관점에서 볼 때, 이 연구는 매우 시의적절한 연구라고 할 수 있다. 이 분야의 연구가 한번의 연구로 모든 것을 달성할 수 있는 성격의 것은 아니다. 앞으로 이 연구가 촉진제가 되어, 더욱 많은 관련 연구가 이루어질 수 있기를 기대한다. 그러므로써 인공위성 영상자료가 제대로의 가치를 발휘할 수 있는 시기가 앞당겨질 수 있기를 바란다. 또 이를 통하여 과학적인 국토의 이용과 관리가 한 걸음 더 진전될 수 있기를 기대한다.

2002. 12.

원장 이 규 방

요 약

국토의 토지이용/피복 현황은 국토관리의 측면에서 볼 때 도시 및 지역에 대한 계획과 연구를 비롯하여 토지적성평가, 난개발, 불법적 토지형질변경, 도시확산 등의 분석 및 모니터링에 있어서 기본적으로 필요한 자료이다. 그러나 이러한 자료가 제대로 조사되지 않고 있어, 국토계획 및 국토관리에 이러한 자료가 필요한 경우 어려움을 겪는 경우가 많다. 광범위한 국토의 토지이용/피복 현황을 답사하여 조사한다는 것은 매우 어려운 일이다. 그 이유는 국토의 토지이용/피복 현황을 조사하기 위하여 현지조사를 수행할 경우 많은 인력과 시간과 비용을 투입하여야 하기 때문이다. 따라서 지금까지는 추상적이고 개략적인 국토의 토지이용/피복 현황자료를 바탕으로 계획 및 연구를 수행할 수 밖에 없는 상황이었으며, 이 분야가 국토계획을 비롯하여 지역 및 도시계획과 연구에 있어서 자료의 한계를 극복하지 못하고 있는 분야 중 하나이다.

그러나 이와 관련된 여건의 변화가 최근 크게 일어나고 있다. 국토의 토지이용/피복 현황 자료의 생산에 필요한 정보들이 원격탐사 및 지리정보에서 다양하게 생산되고 있다. 고해상도의 원격탐사자료의 수집이 최근 원격탐사 기술의 발달로 인하여 항공기에서뿐만 아니라 500km 이상의 우주에서 활동하는 인공위성으로부터도 가능하여졌다. 수집된 자료의 공간해상도가 국토 관리에서 요구되는 상세한 자료 수요를 상당한 정도 충족시킬 수 있는 수준

에 도달하였다. 원격탐사 분야의 발달과 더불어 GIS 분야에서도 지리정보 구축에 막대한 비용의 투자가 이루어져 계획분야에서 활용할 수 있는 정보 기반이 상당히 구축되어 있다. 그러나 이것도 활용가치가 있는 만큼 충분히 이용되지 못하고 있는 실정이다.

이미 구축된 GIS 분야의 지리정보와 고해상도의 영상자료를 함께 활용할 경우 진일보한 공간정보의 생산이 가능하여짐으로서 상호간에 시너지 효과를 기대할 수 있다. 국토의 토지이용/피복 현황 분석에 있어서도 행정과 계획에서 활용할 수 있는 자세한 수준의 정보를 생산할 수 있는 가능성이 충분히 있다. 이 연구의 목적은 앞서 언급한 가능성을 실현하는 방법을 연구하는 것으로서 첫째로는 고해상도 위성영상을 이용하여 토지행정을 위한 국토의 토지이용/피복 현황 생산방법을 개발하는 것에 두었다. 특히 필지별 등 토지 행정에서 사용이 가능한 단위로 토지이용/피복 현황정보를 생산하기 위한 방법이 모색되도록 하였다. 이 정보는 난개발, 토지적성평가, 불법적 토지형질변경, 공시지가조사 결과 검증 및 도시확산 등을 파악하고 분석하는데 필요한 기본정보로서 활용될 수 있을 것이다.

둘째로는 GIS와 원격탐사를 연계한 분석기법을 개발하는 것으로 설정하였다. GIS와 원격탐사를 연계시켜 고해상도 영상자료가 가지고 있는 자세한 정보를 용이하게 추출하여 내도록 할 수 있고, GIS의 기초자료로 활용될 수 있는 정보를 생산해 낼 수 있는 새로운 기법을 개발하는 것이다.

이 연구는 이들 방법의 개발과 관련된 영상분할, 영상분류 등의 내용을 장별로 나누어 담고 있다. 제1장의 개요에 이어 제2장에서는 국토의 토지이용/피복분류와 관련된 문헌조사를 통하여 기존의 영상분류방법을 살펴보았다. 그리고 이에 대한 문제점 특히 고해상도의 인공위성 영상에 이 방법을 적용할 경우 발생될 수 있는 문제점 등을 중점적으로 살펴보았다. 기존의 영상분류 방법은 중·저해상도의 영상분류 방법이 주축이 되고 있다. 이 방법들이 사용하고 있는 원리는 각 화소의 분광학적 특성을 이용하여 각 화소의 토지

이용/피복현황을 분석하는 것이다. 그러나 이러한 방법은 고해상도의 영상 분류에 있어서는 이상적인 방법이 아닌 것으로 판단되었다. 최근에 이르러 이와는 별도로 고해상도의 영상 분석을 위한 연구가 이루어지고 있다. 관련 연구의 주된 내용은 고해상도의 영상으로부터 물체를 추출하고 이것을 분류하는 방법이었다. 그러나 사용하는 방법이 주로 수작업을 통하여 물체를 추출하고 이것을 분광적 특성을 이용하여 분류하려는 시도가 주류를 이루고 있으며 아직 초보적 단계에 머물고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 이 연구에서는 고해상도의 위성영상과 GIS를 연계하여 필지별 토지이용/피복현황을 분석하는 방안을 제시하였다.

제3장에서는 이 연구에서 제안된 방법을 실행하기 위한 사전 단계로서 위성영상자료의 전처리 과정을 다루었다. 우선 연구의 자료로서 사용된 4m 공간해상도의 IKONOS 칼라영상자료를 1m 공간해상도를 갖는 전정색 영상자료와 융합(fusion)하여 1m의 칼라 영상자료를 생산하였다. 다음으로 GIS자료와 위성영상 자료의 연계처리를 위하여 GIS자료를 바탕으로 위성영상 자료를 기하보정하였다. 기하보정은 ERDAS사의 영상처리소프트웨어인 Imagine을 사용하였다. 그러나 단순한 기하보정 방법으로는 두 개의 공간정보를 정확히 일치시키기 어려웠다. GIS 자료와 위성영상자료를 최대한 일치시키기 위하여 앞서 얻어진 결과에 Moving 및 Rotating 방법을 추가로 적용하여 일치의 정도를 향상시키는 과정을 거쳤다.

제4장에서는 영상분할과 분할된 영상 단위간의 위상관계를 설정하는 과정을 다루었다. 우선 영상 속의 물체를 용이하게 추출하기 위하여 물체의 경계를 강화시켰다. 이 연구에서는 가능한 한 물체와 가장 가까운 영상분할의 결과를 얻기 위하여, 정사각형 형태의 윈도우를 이용한 기존의 물체경계강화 방식을 개선한 새로운 방식의 물체경계 강화방법을 적용시켰다. 다음의 단계에서는 물체의 경계가 강화된 이진 영상으로부터 물체의 경계를 추출하였다. 여기서 사용된 물체의 경계 추출방법은 여러 과정의 처리단계를 갖지만 요

약하면 우선 경계의 가능성이 낮은 선형을 한계치를 적용하여 제거하고, 경계의 가능성이 있는 선형들만을 추출하였다. 다음의 단계에서는 이웃한 영상 분할 단위 사이의 분광학적 특성을 통계적으로 분석하여 더욱 물체와 가까운 형태의 경계를 추출할 수 있도록 하였다. 그리고 이 결과를 GIS 자료와 통합하였다.

제5장에서는 GIS자료와 통합된 영상의 분할된 단위를 분류는 과정을 다루었다. 분류의 방법은 최대우도 분류방법을 적용하였다. 이의 과정을 보면 각 토지이용/피복 유형별로 대표적인 사례를 연구대상 위성영상 속에서 선정한 다음, 이의 분광적 특성을 나타내주는 DN(digital number)의 분포패턴에 대한 확률밀도함수를 형성시켰다. 그리고 분석대상의 모든 영상분할 단위에 대하여 각 토지이용/피복 유형별 대표사례의 확률밀도함수와 비교하여 가장 높은 확률을 나타내는 토지이용/피복 유형을 각 영상분할 단위에 지정하였다. 이 결과는 다시 GIS자료와 결합하여 필지별 토지이용/피복 유형을 결정하는데 사용되었다. 필지의 토지이용/피복 유형은 각 필지 속에 나타나는 토지이용/피복 유형 가운데 가장 큰 비율을 보이는 유형으로 지정되었다. 이 결과는 최종적으로 연구대상지역에 대한 토지이용/피복도를 작성하는데 사용되었다.

이 연구 결과의 학문적 기여는 고해상도 영상자료에 대한 새로운 분석방법을 제시하였다는 것이다. 고해상도 영상정보로부터의 정보추출을 위한 새로운 방법을 개발함으로써 고해상도 영상자료의 활용을 촉진할 수 있는 기반을 구축하였다. 특히 지리정보와 영상정보의 통합 분석 방법의 제시로 지리정보와 영상정보 통합 연구에 기여하였다.

이 연구의 결과를 앞으로 생산될 국산 1m의 고해상도 위성영상 자료분석에 한다면 국토의 관리와 계획에 필수적인 정보인 국토이용현황에 대한 정확한 정보를 신속하고 저렴하게 생산할 수 있을 것이다. 국토와 관련된 각종 계획의 수립에 있어서 기본적인 토지이용과 변화 등의 정보를 활용할 수 있

도록 하는 기반을 용이하게 구축할 수 있을 것이다. 특히 시계열적인 영상자료의 축적시 도시의 개발이나 환경훼손으로 인한 변화를 감지하여 낼 수 있는 자료, 그리고 도시의 불법적 개발행위를 감지해 낼 수 있는 자료를 생산하는 수단으로 활용될 수 있다. 또한 필지 단위의 개발현황을 분석하여 내는 방법이 개발됨으로서 용이하게 정확한 개발가능지와 기개발지 등의 정보를 추출하여 도시계획 및 행정에서 활용할 수 있을 것이다. 그 외에도 이 방법을 이용한 분석결과가 공시지가 조사의 결과에 대한 정확성을 검증하는 자료로 활용될 수 있을 것이며, 도시 및 커뮤니티 계획 등에서 필지 단위의 정보를 바탕으로 계획을 수립할 수 있는 기초적 정보를 제공할 수 있게 되는 등 다양한 측면에서의 활용이 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

차 례

| | |
|-----------|-----|
| 서 문 | i |
| 요 약 | iii |

제 1 장 서 론

| | |
|-----------------------|----|
| 1. 연구의 배경 및 필요성 | 1 |
| 2. 연구의 목적 | 3 |
| 3. 연구의 범위와 방법 | 4 |
| 4. 연구의 주요내용 | 11 |

제 2 장 고해상도 영상분류의 이론적 검토

| | |
|----------------------------|----|
| 1. 영상자료의 특성 | 13 |
| 2. 고해상도 영상을 위한 연구 동향 | 16 |
| 3. 화소단위 영상분류 방법 | 19 |
| 4. 기존 연구의 한계와 개선 방안 | 25 |

제 3 장 영상자료의 전처리

| | |
|-------------|----|
| 1. 개요 | 29 |
|-------------|----|

| | |
|-------------------------|----|
| 2. 영상융합 | 30 |
| 3. 영상자료 기하보정 | 32 |
| 4. 식생지수 산출 | 37 |
| 5. 지적도의 벡터-래스터 변환 | 39 |

제 4 장 영상자료의 분석단위간 위상관계 설정

| | |
|--------------------------|----|
| 1. 지형지물의 경계강화 | 41 |
| 2. 잠정경계 추출 | 46 |
| 3. 영역간 통합 | 49 |
| 4. 영상정보와 필지 정보의 통합 | 55 |

제 5 장 위성영상 자료를 이용한 필지별 토지이용/피복 분류

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. 영상분류의 방법론 설정 | 57 |
| 2. 사례지역의 토지이용/피복분류 유형 설정 | 60 |
| 3. 사례지역 필지별 영상분류 | 61 |
| 4. 분류 정확도 평가 | 66 |

제 6 장 요약 및 결론

| | |
|---------------|----|
| 1. 요약 | 67 |
| 2. 결론 | 68 |
| 참고문헌 | 71 |
| SUMMARY | 75 |

표 차례

| | |
|--------------------------------|----|
| <표 1-1> 기존연구와의 차별성 | 9 |
| <표 1-2> 용어의 정의 | 11 |
| <표 5-1> 분류가능 토지이용/피복 분류 | 61 |
| <표 5-2> 분류항목별 트레이닝 데이터 수 | 62 |
| <표 5-3> 토지이용/피복 분류항목별 면적 | 63 |

그림 차례

| | |
|---|----|
| <그림 1-1> 연구대상지역 | 7 |
| <그림 2-1> 영상자료와 화소(픽셀) | 14 |
| <그림 2-2> 영상자료의 해상도와 물체의 인식관계 | 15 |
| <그림 2-3> 감독분류 개념도 | 20 |
| <그림 2-4> 확률밀도에 의한 화소 분류의 개념 | 22 |
| <그림 2-5> kernel의 운용개념 | 24 |
| <그림 2-6> 화소별 토지이용/피복 분류 사례(금강산담 유역) | 26 |
| <그림 3-1> 공간해상도 1m 칼라영상 융합 | 32 |
| <그림 3-2> 영상자료 기하보정 | 37 |
| <그림 3-3> 식생지수 | 39 |
| <그림 4-1> 1m 흑백영상의 경계강화 영상 | 46 |
| <그림 4-2> 물체 잠정경계 추출 | 49 |
| <그림 4-3> 영역통합 | 54 |
| <그림 4-4> 지적경계와 영상분할경계의 통합 | 56 |
| <그림 5-1> 사례지역 필지별 토지이용/피복 분류현황도 | 65 |

CHAPTER 1

서론

1. 연구의 배경 및 필요성

최근 원격탐사기술의 발달로 인공위성과 항공기 등으로부터 고해상도의 원격 탐사자료의 수집이 가능하여졌으며 수집된 자료의 해상도가 국토관리에서 요구되는 상세한 자료 수요를 상당한 정도 충족시킬 수 있는 수준에 도달하였다. 약 600km 상공에서 취득한 공간해상도 1m의 위성영상에서 영상판독 전문가들뿐만 아니라 영상판독 초심자들도 조금만 주의를 기울여 판독하면 도로 상의 승용차와 버스를 구분하여 낼 수 있을 정도이다.

고해상 위성영상의 취득에 대한 국가적 투자도 위성영상에 대한 중요성에 대한 인식과 더불어 우주산업의 개발에 대한 의욕으로 인하여 적극적으로 이루어지고 있다. 정보통신부의 『우주개발장기기본계획 수정(안)(2001~2015)』에 의하면 국가는 우주개발에 동기간 동안 약 5조2000억원의 예산을 투입할 계획이다. 이 중 상당부분이 지상관측을 위한 다목적위성 부문에 투입될 예정으로, 2005년부터 1미터 해상도의 국산 위성영상을 생산하게 될 KOMSAT 2호에는 2,670억원이 투입될 예정이다.

KOMSAT 2호에서 생산될 영상은 현재의 수준으로 보아서는 세계 최고 수준의 해상도를 갖는다. 이 수준의 영상으로부터 추출하여 낼 수 있는 정보는 매우 많다. 정보가 많은 만큼 이용가치도 상식적으로는 높아야 한다. 고해상도 위성영상은 특수 목적에 의한 것, 예를 들면 지난 여름 금강산 댐의 훼손문제 등을 분석하는 것과 같은 업무에는 매우 유용하게 사용되고 있다. 그러나 그 활용도가 일반적인 지표 상의 정보생산에는 기대한 만큼 높지 않다.

고해상 영상자료의 실용화에 있어서의 문제점은 고해상도의 영상자료를 분석하는 방법이 개발되어 있지 않아 고해상도 영상자료의 잠재력이 충분히 발휘되지 못한다는 것이다. 이것은 고해상도의 영상 출현이 최근의 일이기 때문에, 이에 대한 연구가 충분하지 못하기 때문이다. 더구나 영상을 통하여 물체의 자세한 정보를 추출한다는 것은 쉬운 과정이 아니다. 고해상도의 위성영상 활용 활성화를 위하여는 이 분야의 연구가 활발히 이루어질 필요가 있다.

원격탐사 분야의 발달과 더불어 GIS 분야에서도 지리정보 구축에 막대한 비용의 투자가 이루어져 계획분야에서 활용할 수 있는 정보기반이 상당히 구축되어 있으나 이것도 활용가치가 있는 만큼 충분히 이용되지 못하고 있는 실정이다. 이미 구축된 GIS 분야의 지리정보와 고해상도의 영상자료와 함께 활용할 경우 진일보한 공간정보의 생산이 가능하여짐으로서 상호간에 시너지 효과를 기대할 수 있으며 국토의 토지이용/피복 현황 분석에 있어서도 행정과 계획에서 활용할 수 있는 자세한 수준의 정보를 생산할 수 있는 가능성이 충분히 있다.

국토관리의 측면에서 볼 때 국토의 토지이용/피복 현황은 도시 및 지역에 대한 계획과 연구를 비롯하여 토지적성평가, 난개발, 불법적 토지형질변경, 도시확산 등의 분석 및 모니터링에 있어서 기본적으로 필요한 자료이다. 그러나 이러한 자료조사가 되지 않고 있는 이유는 국토의 토지이용/피복 현황을 조사하기 위하여 현지조사를 수행할 경우 매우 많은 인력과 시간과 비용을 투입하여야 하므로 광범위한 국토의 토지이용/피복 현황을 답사하여 조사한다는 것은 매우 어렵기 때문이다. 따라서 지금까지는 추상적이고 개략적인 국토의 토지이용/피복 현황자

료를 바탕으로 계획 및 연구를 수행할 수밖에 없는 상황이었으며 국토계획을 비롯하여 지역 및 도시계획과 연구에 있어서 자료의 한계를 극복하지 못하고 있는 한 분야이다.

이러한 배경 하에서 볼 때 다음과 같은 이유에서 이 연구의 필요성을 찾을 수 있다. 첫째로는 고해상 영상자료를 활용하여 국토계획을 비롯한 도시 및 지역계획 및 연구분야에 필요로 하는 국토의 토지이용/피복 현황자료를 용이하게 그리고 적시에 제공할 수 있도록 하는 방법을 시급히 개발하여 국토이용자료를 제공할 필요가 있다는 것이다. 둘째로는 원격탐사와 GIS 분야에서 기하학적인 비용을 투자하여 수집되는 자료가 제대로 활용되지 못하여 발생하는 비용의 낭비를 최소화하기 위하여, 고해상 영상자료의 활용을 촉진할 수 있는 다양한 분석 방법을 시급히 개발할 필요가 있다는 것에 있다.

2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 첫째로는 고해상도 위성영상을 이용하여 토지행정에 사용할 수 있는 수준의 국토의 토지이용/피복 현황 생산방법을 개발하는 것이다. 그것은 국토의 관리 및 관련 계획에서 중요한 정보인 국토의 토지이용/피복 현황을 고해상도 영상자료로부터 추출하여 제공하기 위한 것이다. 특히 필지별 등 토지행정에서 사용이 가능한 단위로 토지이용/피복 현황정보를 생산하기 위한 방법을 모색하는 것이다. 이 정보는 난개발, 토지적성평가, 불법적 토지형질변경, 공시지가 조사 결과 검증 및 도시확산 등을 파악하고 분석하는데 필요한 기본정보로서 활용될 수 있을 것이다.

둘째로는 GIS와 원격탐사를 연계한 분석기법을 개발하는 것이다. GIS와 원격탐사를 연계시켜 고해상도 영상자료가 가지고 있는 자세한 정보를 용이하게 추출하여 내도록 할 수 있고, GIS의 기초자료로 활용될 수 있는 정보를 생산해 낼 수 있는 새로운 기법을 개발하는 것이다.

3. 연구의 범위와 방법

1) 연구의 범위

이 연구의 내용적 범위는 고해상도의 영상과 필지에 대한 GIS정보를 결합하여 국토관리에 유용한 정보를 생산하는 방법을 개발하는 것이다. 이 과정을 위하여는 전단계로서 이루어져야 할 영상처리의 과정들이 여럿이 있다. 이러한 과정들도 개선의 여지가 매우 많으나 이 과제가 이러한 것들을 모두 다루고 해결할 수는 없다. 영상분석 분야에서는 이러한 것들은 각각이 모두 별개의 연구과제가 될 수 있는 것들이다. 따라서 전단계로서 처리되어야 할 문제들은 새로운 연구과제로 남겨두고 이 연구에서 꼭 해결하여야 이 연구가 수행될 수 있는 최소한의 문제들만을 다루게 될 것이다.

이 연구에서 다루어질 것 중에는 사용 가능한 연구자료가 1미터 공간해상도의 고해상도 인공위성 흑백영상과 4미터 공간해상도의 칼라영상이므로 이를 융합(Fusion)하여 1미터의 해상도를 갖는 칼라영상을 만드는 간편형 영상합성방법을 다룬다.

그리고 이 연구의 핵심분야라고 할 수 있는 새로운 고해상도 위성영상분류 방법의 개발에 주력할 것이다. 이를 위하여도 관련된 연구나 분석방법들이 많이 필요하다. 그러나 급한 대로 사용할 수 있도록 하는 방법을 개발할 욕심으로 단기간에 연구가 가능한 방법을 검토하여 하게 될 것이다.

마지막으로는 사례지역을 선정하여 개발된 고해상도 영상분류 방법을 적용하여 사례지역 토지이용/피복분류 시행하도록 한다. 분류의 방법이 과연 현실적으로 적용가능한 방법인가는 이론적인 것과는 다른 경우가 이 분야의 연구에서는 많이 나타나기 때문이다.

연구대상지역은 아래의 그림에 제시되어 있는 제주시 동남부의 일부지역으로

서 시가화 지역과 농촌지역이 각각 약 반 가량을 차지하고 있는 지역을 선정하였다. 지역의 면적은 2.52 km^2 ($1.57 \text{ km} \times 1.60 \text{ km}$, 약 76만평)의 지역으로 시가화 지역은 구획이 잘 정리된 지역이다. 지역의 토지이용 상태를 개관하여 보면 공동주택과 일반주택이 주된 토지이용 유형이고, 도로를 따라서 노변 상가 등이 형성된 지역으로 판단된다.

제주지역이 연구 대상지로서 선정이유는 첫째로는 제주시의 필지별 지적자료가 비교적 잘 정비되어 있다. 지적전산화가 이루어져 영상과 더불어 사용 가능한 지리정보가 다른 지역에 비하여 양호하다. 그리고 이미 획득된 고해상도의 IKONOS 영상이 있기 때문이다. 새로이 이 영상을 위성으로부터 취득하기 위하여는 상당한 시간이 필요하다. 따라서 기존에 보유하고 있는 영상을 사용할 경우 연구의 시간을 상당히 절약할 수 있다. 그리고 연구 대상지역이 시가화된 지역과 농촌지역이 혼재하여 비교적 다양한 토지이용/피복유형을 대상으로 분석할 수 있는 이점이 있다.

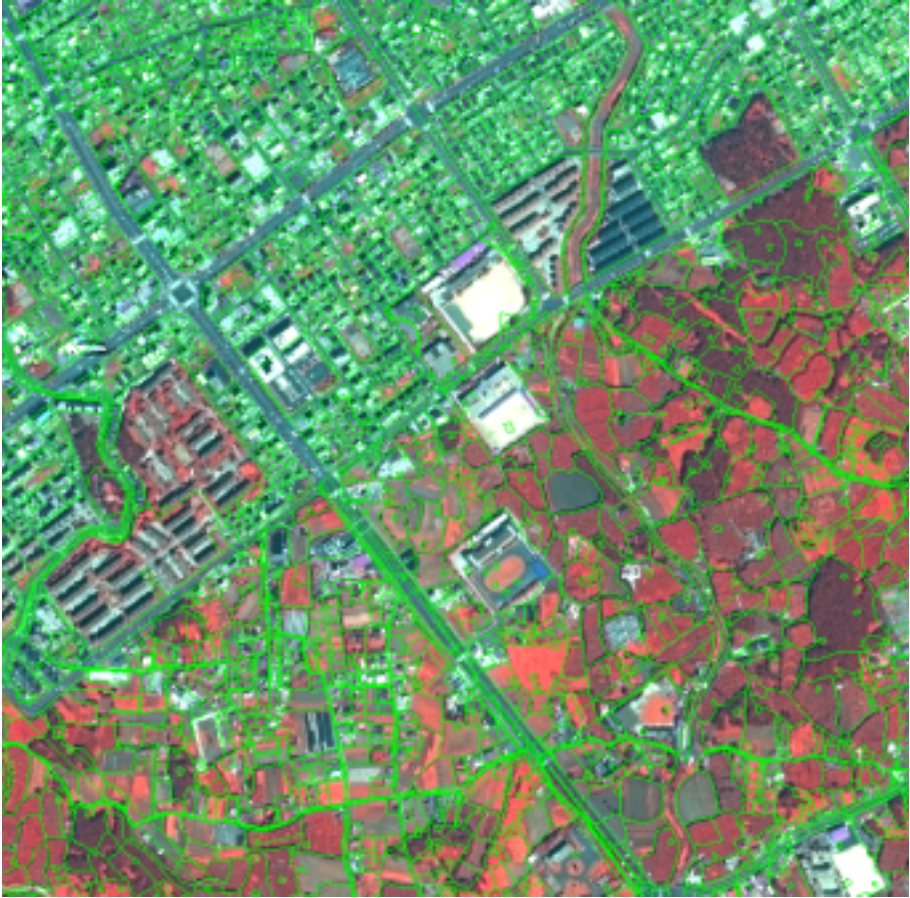
이 연구의 한계는 위성영상자료가 가지고 있는 자료로서의 한계와 관련된 것이다. 위성영상자료는 물체의 여러 가지 특성 가운데 물리적 특성, 그 중에도 분광학적 특성을 수집하여 놓은 자료이다. 이 자료를 통하여 여러 가지의 다른 특성들을 추출하여 낼 수 있는 여지는 있지만 그러한 수단들이 제대로 개발되어 있지 않다. 이 연구도 이들 수단을 개발하기 위한 한 분야의 연구라고 할 수 있다. 따라서 분석의 주된 흐름이 지형지물의 분광학적 특성을 이용하여 분석할 수 있는 정보의 추출에 주로 주력할 수 밖에 없다는 것이다.

이러한 이유 때문에 토지의 이용이나 피복을 분석하는데 있어서 분광학적으로 분석이 가능한 분야는 주로 토지피복 분석 분야이다. 국토의 토지이용/피복 현황을 분석하는데 있어서 사회경제적 측면에서의 토지이용 분석에는 한계가 있다. 그렇다 하더라도 토지이용을 밝힐 수 있는 알고리즘의 개발은 이 연구에서 다소나마 시도되고 있다.

영상을 분석하는데 있어서는 목표는 서로 같을지라도 그곳에 도달하는 방법은

매우 다양하다. 그것은 영상의 분석가가 영상을 이해하고 분석하는 방식에 따라서 달라질 수 있다. 따라서 여기에서 제시되는 분석방법은 많은 가능성이 있는 고해성도 인공위성 영상분석 중 하나이며 이와는 다른 방식으로 얼마든지 다양한 방법이 개발될 수 있는 연구과제인 것이다.

마지막으로 이 연구가 토지이용/피복분류 방법개발에 중점을 두고 있으므로 지리적 위치정확도를 영상에 부여하는데는 큰 노력을 들이지 않았다. 다만 지리 정보와 위성영상을 같이 분석할 수 있는 최소한의 수준에서 기하보정을 하였다. 정확한 기하보정과 정사영상의 제작은 연구결과를 더욱 정확하게 하여 줄 수 있을 것이다. 그러나 이것도 매우 큰 연구과제이며, 이 연구의 목적에서 벗어나 있는 내용이기 때문이었다.



<그림 1-1> 연구대상지역

2) 연구의 방법 및 다른 연구와의 차별성

이 연구는 지표의 사실적 현상을 바탕으로 하여 경험적인 측면에서 지표상의 물체를 규명하려는 연구이다. 이를 위하여 우선 물체의 규명과 관련된 기존의 연구들을 문헌조사를 통하여 살펴보도록 한다. 기존의 위성영상을 이용한 토지이용/피복 현황분석에 이용된 방법론들을 조사·검토하여 이 연구에서 계승할 점들과 문제점들을 살펴보고 개선의 여지가 있는 점들 찾아내어 이 연구에 반영하도록

록 한다. 특히 객체 지향적인 토지이용/피복 분류방법에 대한 연구사례들을 검토하여 이 연구에 반영하도록 한다.

연구의 접근방법은 실제 조사의 내용을 사실확인의 기초로 삼을 것이며 따라서 경험론적 입장을 바탕으로 하여 이루어질 것이다. 이 연구에서 최종적으로 생산하고자 하는 토지이용/피복 현황의 분류를 위하여, 각 토지이용/피복 유형에 대한 표본이 될 수 있는 필지를 전문가의 영상자료 분석을 통하여 선정이 될 것이다. 이 조사자료를 바탕으로 각 토지이용/피복 유형이 갖는 일반적인 분광학적 특성이 추출될 것이며, 각 영상의 부문에 대한 토지이용/피복현황이 분석될 것이다.

연구의 방법은 과학적 방법론을 바탕으로 하며 정량적 분석 특히 통계적인 분석에 주로 의존할 것이다. 각 단위 토지가 갖는 분광학적 특성이 조사 자료의 결과인 각 토지이용/피복 유형이 갖는 일반적인 분광 특성과 통계적으로 비교될 것이다. 각 단위 토지가 분광학적으로 어느 토지이용/피복 유형에 가까운지 분석한 결과를 가지고, 분석대상 필지의 토지이용/피복 유형을 결정하는 근거로 삼을 것이다.

분석의 수단으로서 객체 지향적 분석방법을 사용할 것이다. 고해상도 영상자료가 과거의 중·저해상도의 영상자료에서는 제공할 수 없는 세밀함을 가지고 관심의 대상이 되는 물체를 세분하여 관측한 결과를 보여 줄 수 있다. 때문에 과거의 화소 중심의 분석 방법은 한 물체 내에서도 서로 다른 토지이용/피복 유형으로 분류될 가능성이 크며, 그 결과 더욱 복잡한 분류상의 오류를 나타낼 것이다. 이를 극복하기 위하여 GIS의 토지관리 단위 지역을 분석 대상으로 객체 지향적인 방법으로 국토의 토지이용/피복 현황을 분석하도록 할 것이다.

이 연구는 <표 1>에서 제시된 바와 같이 다양한 면에서 기존 연구와 차별된다. 특히, 분석의 목적에 있어서 과거의 중저해상도에서는 살펴볼 수 없는 상세한 지표현상을 대상으로 한다는 것이다. 좀더 구체적으로는 과거의 자료를 이용하여서는 지역의 토지이용/피복현상을 살펴볼 수 있었으나, 고해상도의 영상에서는

구체적으로 필지 하나하나를 관찰하고 그 필지가 어떻게 이용되고 있는지 살펴볼 수 있다. 이것은 연구의 대상으로 사용되는 자료가 앞서 언급한 바와 같이 중저해상도의 자료에서 고해상도로 바뀌으로써 가능하여진 것이다.

<표 1-1> 기존연구와의 차별성

| 구 분 | | 기존연구 | 제안연구 |
|-------------|------|-------------------------------------|---|
| 분석목적 | | · 개략적 토지이용/피복 분류에 초점 | · 구체적 필지별 토지이용/피복 상태 조사에 주력 |
| 위성영상종류 | | · 주로 중저해상도 영상 | · 고해상도 영상 |
| 분석단위 | | · 일률적으로 분할된 화소단위로 분석 | · 토지행정상 관리되고 있는 필지단위로 분석 |
| 고해상도영상 분석방법 | | · 수작업을 이용한 디지털 타이핑 · 육안으로 일일이 판별 | · 컴퓨터를 통한 영상자동분할 · 컴퓨터에 의한 자동판별 |
| 활 용 도 | 계획 | · 종합계획 수준의 개략적 토지이용현황 | · 상세계획을 포함한 각종 토지이용현황 |
| | 국토관리 | · 개략적 도시확산 경향 파악 | · 토지의 불법적 이용 분석 · 난개발 지역 분석 · 도시확산 분석 |
| | 토지행정 | - | · 필지별 토지이용현황관리 · 공시지가산정 및 조사결과 확인을 위한 참고자료로 활용 |

이 연구에서 사용하는 용어를 <표 1-2>에서와 같이 미리 정의함으로써 연구를 이해하는데 혼란을 방지하고자 한다. 우선 화소란 이 연구에서 픽셀이라는 용어도 혼용되고 있으며, 기본적으로 영상을 구성하는 가장 기본적인 단위이다. 각 화소에는 원격탐사를 통하여 수집된 정보가 수치화되어 저장된다. 일반적으로

화소의 크기가 공간해상도의 크기를 대변하여 주는 의미로서도 사용되나 이 연구에서는 화소가 곧 공간해상도를 의미하지는 않는 것으로 한다. 왜냐 하면 리모트센서의 순간시야각에 의하여 결정되어지는 공간해상도가 초기에는 화소에 반영되는 것이 일반적이기는 하지만, 이 연구에서는 초기의 원래 화소 크기를 영상 융합 등을 통하여 새로운 크기의 화소로서 재생산하여 사용한 경우도 있을 수 있기 때문이다.

둘째로는 경계란 연구의 대상이 되고 있는 물체의 경계를 의미하는 것으로 특히 그것이 지표 상에 그려진 것을 의미한다. 잠정경계란 연구의 대상이 되고 있는 지형지물의 실제 경계를 포함하지만 실제 경계 외에도 물체를 원격탐사센서로 관찰할 때 물체의 내부에서 나타날 수 있는 휘도의 변동으로 인하여 나타날 수 있는 원하지 않는 경계를 의미한다.

영역이란 진성이든 잠정이든 경계에 의하여 분할되는 영상의 단위를 말한다. 이 연구에서는 영역의 크기를 가급적이면 5개 이상의 화소를 갖는 크기로 하고 이보다 작은 영역은 강제적인 방법을 통하여 해소하였다. 영역간 위상관계란 영역간의 인접 등을 알 수 있도록 영역 상호간의 공간적 상호관계가 가장 기본적인 형태로 정의된 것을 말한다. 이 연구에서는 위상관계 중 서로 인접한 영역간의 관계만을 사용하였다. 따라서 영역간의 위상관계란 완벽한 위상관계를 모두 정의하고 있는 것을 의미하는 것은 아니며, 단지 이 연구의 분석을 위하여 최소한으로 정의된 위상관계를 의미한다.

<표 1-2> 용어의 정의

| 용 어 | 정 의 |
|--------------------|---|
| 화소(픽셀) | 영상을 구성하는 최소단위로 이에 대응하는 지표공간의 분광반사 크기를 측정하여 측정치를 공간적으로 나열하여 영상을 생성 |
| Digital Number(DN) | 화소에 대응하는 지표로부터 반사되어오는 전자기파 에너지의 크기를 측정하여 적정한 크기로 조정한 값 |
| 잠정경계 | 지형지물의 진성 경계 및 내부의 분광반사 크기의 변이에 의하여 나타나는 가성의 경계 등 경계의 가능성이 영상분할선 |
| 영역 | 잠정경계 등에 의하여 분할된 영상의 단위(image segments) |
| 영역간 위상관계 | 영역간의 인접 등을 알 수 있도록 상호간의 관계가 규정된 상태 |

4.. 연구의 주요내용

이 연구는 영상분할, 영상분류 등의 내용을 장별로 나누어 담고 있다. 이 연구는 이들 방법의 개발과 관련된 영상분할, 영상분류 등의 내용을 장별로 나누어 담고 있다. 제1장의 개요에 이어 제2장에서는 국토의 토지이용/피복분류와 관련된 문헌조사를 통하여 기존의 영상분류방법을 살펴보도록 하였다. 그리고 이에 대한 문제점 특히 고해상도의 인공위성 영상에 이 방법을 적용할 경우 발생할 수 있는 문제점 등을 중점적으로 살펴보도록 하였다. 이를 바탕으로 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 고해상도의 위성영상과 GIS를 연계하여 필지별 토지이용/피복현황을 분석하는 방안을 제시하였다.

제3장에서는 이 연구에서 제안된 방법을 실행하기 위한 사전 단계로서 위성영상자료의 전처리 과정을 다루었다. 이에 는 서로 다른 영상자료의 영상융합과 위치를 정확하게 부여하기 위한 기하보정 등의 과정을 다루었다. 그리고 제4장에서는 영상분할과 분할된 영상 단위간의 위상관계를 설정하는 과

정을 다루었다. 우선 영상 속의 물체를 용이하게 추출하기 위하여 물체의 경계 강화를 위한 새로운 방식, 물체의 경계가 강화된 이진 영상으로부터 물체의 경계를 추출하는 방식 등이 다루어졌다. 또 분할된 영상단위를 다루기 위하여 영역간의 위상관계를 영상자료에서 형성시키는 방법과 인접한 영역간의 유사성에 대한 통계적 검증 방법 등이 논의되었다. 그리고 이 결과로서의 영역들을 보다 지형지물에 가깝도록 통합하는 방법과 GIS 자료와의 통합 등이 검토되었다.

제5장에서는 GIS자료와 통합된 영상의 분할된 단위를 토지이용/피복 항목별로 분류하는 과정을 다루었다. 분류의 방법은 최대우도 분류방법을 적용하였다. 이 결과를 다시 GIS자료와 결합시켜 필지별 토지이용/피복 유형을 결정하는 방법이 검토되었다. 이 결과를 바탕으로 최종적으로 연구대상지역에 대한 토지이용/피복도를 작성하여 보았다.

CHAPTER 2

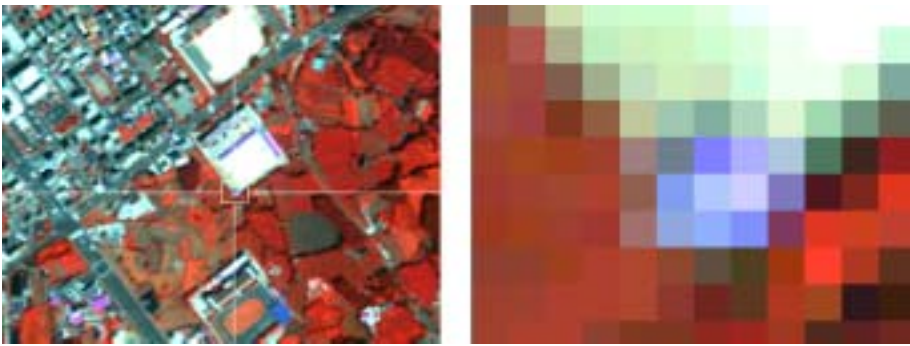
고해상도 영상분류의 이론적 검토

1. 영상자료의 특성

화소는 수치의 매트릭스로서 각 화소에 대응하는 지상의 일정지역에서 반사된 스펙트럼별 전자기에너지(Electromagnetic energy)의 상대적 크기(Digital Number: DN)를 측정하여 저장된 자료의 최소단위이다. 이것은 영상을 구성하는 최소단위로서 때로는 원격탐사시스템이 지상을 관측하는 최소단위를 그대로 사용하기도 하며, 때로는 수집된 측정치들을 다시 가공하여 당초의 지상관측 크기와는 다르게 만들어 사용하기도 한다. 각 화소는 관측된 지상의 표면과 항상 일대일로 대응하게 되며, 한 화소에 대응하는 지표의 면적을 화소의 해상도라는 이름으로 나타내기도 한다.

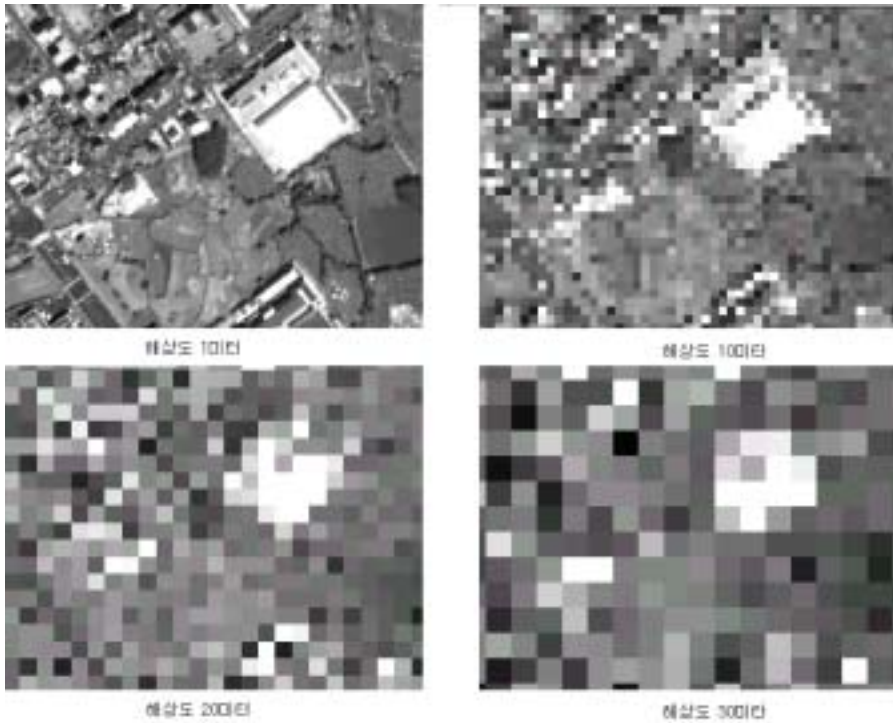
화소와 지표가 원격탐사 영상의 경우 공간적으로 일대일로 대응함으로써 이 공간적 관계를 이용하여 지리적인 표현을 할 수 있다. 즉 화소로 구성된 원격탐사 영상은 지리적 좌표체계에 의하여 부여된 위치별 화소에 대하여, 각 화소에 대응하는 지표공간을 대상으로 측정한 전자기에너지의 크기를 부여한다. 그리고 이를 컴퓨터를 이용하여 시각적으로 분석할 수 있도록 나타내주는 화소의 집합

체가 원격탐사 영상인 것이다(<그림 2-1> 참조). 따라서 분석되지 않은 원시의 영상자료는 화소간에 위치와 관련된 관계와 전자기에너지 크기에 대한 정보 외의 다른 관계나 정보를 가지고 있지 않은 상태이다. 이 원시 형태의 원격탐사 영상자료는 인간에 의하여 해석되거나 컴퓨터에 의하여 가공되기 전에는 오직 인간의 시각적 인식에 의존하여 영상의 내용을 파악할 수 있으므로 활용가치가 적으며 사용이 제한될 수밖에 없는 상태이다.



<그림 2-1> 영상자료와 화소(픽셀)

원격탐사 영상자료의 해상도는 <그림 2-2>에서 비교하여 볼 수 있는 바와 같이 물체의 공간적 분해능력을 나타내 주는 지표이다. 원격탐사 영상의 분석에 있어서 해상도의 선택은 관측하고자 하는 물체가 충분히 분해되어 물체가 그 해상도의 화소로서 충분히 표현될 수 있는 크기를 선택하여야 한다. 그런데 원격탐사 영상자료 수집에 비교적 많은 비용이 소요되기 때문에 영상 사용자는 해상도의 선택에 있어서 일반적으로는 능동적인 입장이기보다 이미 만들어진 영상 중 적절한 해상도의 영상을 선택하는 수동적인 입장에 있다.



<그림 2-2> 영상자료의 해상도와 물체의 인식관계

해상도는 영상의 분석에 있어서 지대한 영향을 미친다. 해상도에 따라 영상자료를 통해 분석해 낼 수 있는 지형지물의 내용도 달라지며, 이것은 물체를 이해하는 방식이 달라진다는 것을 의미한다. 따라서 영상을 분석하는 방법도 달라져야 할 것이다.

중·저해상도의 영상자료는 한 화소에 분석대상 다수의 지형지물의 분광특성이 반영된 DN을 저장하고 있기 때문에 각각의 화소에 대한 독립적인 분석의 결과가 의미를 갖을 수 있다. 그러나 고해상도의 영상자료는 한 화소는 단지 일반적으로 관심의 대상인 물체를 여러 개의 화소로 분할한 것 중 하나로서 물체를 구성하는 여러 화소가 합쳐졌을 때 비로소 필요한 정보를 제공하여 줄 수 있다. 따라서 고해상도의 영상자료를 분석하기 위해서는 이 화소들을 의미가 있는 단

위로 묶어 분석할 때 보다 유용한 정보를 정확하게 제공하여 줄 수 있다.

2. 고해상도 영상을 위한 연구 동향

고해상도의 영상 분석에 있어서 개개 화소의 분석은 많은 문제를 안고 있다. 특히 고해상도의 영상 분류의 정확도를 높이는 것이 리모트센싱의 연구의 가장 중요한 분야 중 하나로 남아있다. 최근에는 고해상도의 영상에서 직접 지형지물을 추출해 내려는 연구가 많아지고 있다. 다음에서는 고해상도 위성영상과 관련된 연구 동향들을 살펴보기로 한다.

1) 고해상도 영상의 잡음완화 접근법

고해상도의 영상에 나타나는 문제점은 동일한 물체가 여러 개의 화소로 나누어지기 때문에 발생하는 것이다. 이 때 동일한 물체에 속하는 모든 화소가 동일한 DN값을 가지지 못한다. 이것은 고해상도의 영상을 분류하거나 지형지물을 추출하는데 지장을 초래한다. 이것이 초래하는 문제를 해결하려는 연구들이 고해상도의 영상연구에서 많이 나타난다. 그 중 특히 salt and paper⁴⁾ 효과를 줄이기 위하여 고해상도의 영상을 중·저해상도의 해상도를 갖는 영상으로 변화시켜 영상분류를 수행함으로써 salt and paper 효과를 최소화하여는 접근이 있다. 즉 고해상도 영상자료를 조악하게 하므로써 특정의 용도에 대한 가장 적합한 해상도를 찾으려고 노력한 많은 연구들이 있다.⁵⁾ 그러나 이 결과는 고해상도가 가지고 있

4) 원격탐사에서 salt and paper 효과란 동일한 유형으로서 동일한 분광적 특성을 갖을 것으로 기대되는 영상의 일부분 내에서 기대할 수 없거나 다른 유형의 분광적 특성을 보이는 화소들이 나타남으로 인하여 영상의 분석결과가 소금에 후추가루를 뿌려 놓은 듯 불규칙한 결과를 낳는 현상을 말한다.

5) Pax-Lenney, M., and C. E. Woodcock, 1997. The effect of spatial resolution on the ability to monitor the status of agricultural lands. *Remote sensing of Environment* 61: 210-220.
Teillet, P. M., K. Staenz, and D. J. Williams, 1997. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions.

는 장점을 많이 훼손시키게 되는 결정적인 단점을 가지고 있다.

또 다른 하나의 잡음 완화 동향은 한 화소의 DN값을 주변 화소의 평균 혹은 변형치로 대체하여 새로운 DN을 생성시켜 사용하는 방법이다.⁶⁾ 이 방법의 경우 동일 지형지물 내의 화소간 DN 변동이 크게 완화될 수 있으나, 이로 인하여 손실 되는 정보들, 예를 들면 지형지물의 경계가 모호해 지는 등이 발생될 수 있다.

2) 고해상도 영상의 지형지물 중심의 분석 접근법

화소 단위의 잡음이나 변동을 완화시키려는 접근법은 고해상도 영상이 가지고 있는 지나친 변동을 줄이거나 이를 보완해 줄 수 있는 대체 정보를 찾는 데 초점을 두고 있다. 그러나 지형지물 중심의 분석접근법은 이에서 한걸음 더 진보하여 고해상도의 영상에서 식별이 가능한 개개의 지형지물들을 추출하고, 이를 분석의 단위로 이용하고자 한다. 예를 들면 고해상도 영상자료에서는 도시지역의 빌딩과 같은 개개의 지형지물까지도 매핑이 가능할 것이다. 따라서 영상을 분류하는 방법이 개개 화소의 분광 특성에 바탕을 둔 접근에서 지형지물 중심의 접근법으로 변환될 수 있을 것이다.⁷⁾

지형지물 중심 접근법의 시작의 단계에서는 지형지물 혹은 이와 유사한 영상의 영역이 화소들의 그룹으로 정의되어야만 한다. 이와 관련된 연구들이 삼림의 연구에 있어서 개개의 나무를 하나의 영역으로 추출하고 나무의 종류를 분석하려 한 연구, 도로의 경계를 추출하여 지도화 하려는 연구 등을 들 수 있다. 연구의 결과는 상당한 진전을 얻었다고 할 수 있으나, 일반적으로 적용하기에는 아직

Remote Sensing of Environment 61: 139-149.

6) Wang, L., and D. C. He, 1990. A new statistical approach for texture analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56: 61-66.

7) Hodgson, M. E., 1998. What size window for image classification? A cognitive perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64 (8): 797-807.

많은 해결하여야 할 문제들을 안고 있다고 할 수 있다.⁸⁾

이러한 연구들이 안고 있는 문제 중 가장 큰 것은 지형지물과 대응하는 영역을 영상으로부터 추출하여 내는 것이다. 대부분 이를 수작업에 의존하여 해결하여 오고 있다. 또 다른 하나의 문제점은 추출된 영역을 분석하는데 사용된 자료들이 영역을 구성하는 화소가 갖는 DN의 평균 개념을 크게 벗어나지 못한 수준이었다.

앞서 언급한 문제 중 영상의 분할 혹은 지형지물의 추출을 컴퓨터를 이용하여 자동적으로 해결하려는 접근 방법들도 최근에는 발견되고 있다. 예를 들면 건물의 기하학적 모양에서 나타나는 특징을 건물을 컴퓨터를 이용하여 추출하려는 연구가 이러한 유형에 속한다.⁹⁾ 그러나 건물이 불규칙한 모양을 갖거나 할 경우 이 방법으로는 효과적인 결과를 생산하기 어렵다.

지형지물을 인식하고 추출하여 내는데 주변과 연관된 정보를 사용하려는 접근법도 발견된다. 예를 들면 건물과는 달리 도로의 경우 단순한 도로의 기하학적

8) Gougeon, F. A., 1995. Comparison of possible multispectral classification schemes for tree crowns individually delineated on high spatial resolution MEIS images. *Canadian Journal of Remote Sensing* 21(1): 1-9.

Gougeon, F. A., 1992. Individual tree identification from high resolution MEIS images. *Proceedings of the international forum on airborne multispectral scanning for forest and mapping (with emphasis on MEIS)*, Forestry Canada, Canada, pp. 117-128.

Woodcock, C. E., and V. J. Harward, 1992. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing of Environment* 13 (16): 3167-3187.

Trinder, J. C., Y. Wang, A. Sowmya, and M. Palhang, 1997. Artificial intelligence in 3-D feature extraction. *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II)* (A. Gruen, E. P. Baltsavias, and O. Henricsson, editors), Birkhauser Verlag, Basel, pp. 257-266.

9) Sahar, L., and A. Krupnik, 1999. Semiautomatic extraction of building outlines from large-scale aerial images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65(4): 459-465.

McKeown, D. M., 1990. Toward automatic cartographic feature extraction. In: *Mapping and Spatial Modelling for Navigation* (Pau, L. F., editor), NATO ASI series F65: 149-180.

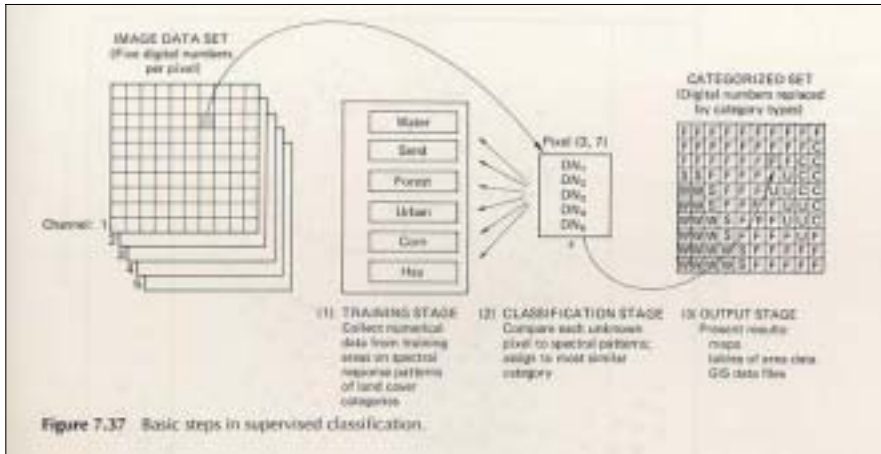
Shufelt, J. A., 1999. Performance evaluation and analysis of monocular building extraction from aerial imagery. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 21 (4): 311- 325.

모양만으로는 추출하기 어렵다. 예를 들면 도로 주변의 건물 그림자, 가로수 수관의 도로 가림 등의 현상이 일반적으로 발생된다. 이러한 단절된 도로를 회복시켜 완성된 도로로 만들려는 연구 등이 있다. 이 경우 도로에 연결된 그림자 등의 확인과 다른 연결 부문과의 관계 등을 고려하여 도로를 회복하려는 접근법이다.¹⁰⁾

3. 화소단위 영상분류 방법

원격탐사 영상을 분류할 경우 원시영상의 전술한 제한적 특성에 바탕을 두어 영상을 분석하기 위한 다양한 방법과 알고리즘들이 개발되고 있다. 영상분류는 여러 가지의 영상분석 방법 가운데 영상을 관심의 대상이 되는 유형들로 영상자료를 분류하는 방법으로서 다양한 방법들이 개발되어 있다. 영상분류의 주종은 각각의 화소의 밴드별 DN을 이용하여 관심의 대상이 되는 유형들로 각각의 화소를 분류하는 화소단위 분류방법이 차지하고 있다. 영상분류의 전통적인 방법은 화소단위의 분류방법으로서 개개의 화소를 화소가 가지고 있는 분광특성을 이용하여 어떻게 가장 유사한 화소들끼리 의미있는 그룹으로 묶는가, 혹은 확률적으로 어느 분류항목에 배정하는 것이 가장 분류의 에러 확률을 줄일 수 있는가 하는데 초점을 두고 있다. 이를 위하여 많은 영상분류 방법이 개발되었는 바, 이 방법들은 기본적으로 각 영상분류 항목의 기준으로 삼을 트레이닝 데이터를 사용할 경우 감독분류, 그리고 사용하지 않을 경우 무감독분류 방법으로 나뉘어 진다. 트레이닝 데이터 세트는 각 영상분류 항목을 대표할 일단의 선택된 화소들로서 이에 의하여 산출된 유형별 각종 통계치가 영상자료의 모든 화소들을 분류하는 기준치로서 사용된다.

10) Baumgartner, A., W. Eckstein, H. Mayer, C. Heipke, and H. Ebner, 1997. Context-supported road extraction. In: Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II) (A. Gruen, E. P. Baltsavias, and O. Henricsson, editors), Birkhauser Verlag, Basel, pp. 299-308.



<그림 2-3> 감독분류 개념도

자료: Thomas M. Lillisand and Ralph W. Kiefer, Remote Sensing and Image Interpretation, 2000.

1) 무감독분류

무감독분류의 방법으로서 ISODATA, 군집분석 등 다양한 방법들이 개발되어 사용되고 있다. 기존의 무감독분류 방법 가운데 일반적으로 널리 사용되는 ISODATA 방법은 영상전체 화소의 DN 평균과 이의 표준편차를 이용하여 요구하는 수만큼의 클러스터 중심 값을 생성하고 각 화소의 DN과 이들간의 거리를 산출하여 가장 가까운 거리를 나타내는 클러스터에 해당 화소를 배정하는 방법을 사용한다. 이 과정이 모든 화소에 대하여 수행되면 새로운 클러스터에 대하여 다시 평균이 계산되고 같은 과정이 되풀이되며, 클러스터의 결과가 일정 요건을 만족하면 분류를 완료한다. 분류된 클러스터가 무엇인지 판정하는 것은 영상판독을 수행하는 전문가 혹은 연구자의 몫이다.

이 방법의 문제점은 첫째는 클러스터들이 순수하게 수학적인 특성에 의하여 결정되므로 클러스터링이 끝났다하더라도 각각의 클러스터가 어떤 클래스인지

를 컴퓨터가 결정할 수 없으며 다만 사용자가 각각의 클러스터와 사용자의 영상에 대한 정보를 바탕으로 결정하여야 한다. 두번째로는 순수하게 수학적 배경을 가지고 클러스터가 수행되었으므로 픽셀들의 공간적인 관계는 전혀 결과에 반영되어있지 않으며, 이것이 분류 결과에 있어서 salt and paper의 문제를 크게 발생시킨다. 이것은 지리공간을 공간적 연계관계 등을 고려하여 의미가 있는 공간단위로 체계적으로 분류하여 사용하는 벡터모델의 지리정보와는 접근방법이 다르다. 즉 화소단위의 래스터 모델에서는 의미가 있는 공간단위로 지표를 분할하기 보다는 강제적으로 일정한 규격으로 공간을 분할하기 때문에 공간적인 의미를 분석하기 위해서는 별도의 판독 혹은 해석이 필요하다.

2) 감독분류

감독분류방법은 분석의 대상이 되는 지역의 지표현상을 알고 있을 경우 사용할 수 있는 방법이다. 이 분류방법에 속하는 것으로는 최단거리 분류법(Minimum distance classifier), 범주법(Parallelepiped classifier), 최대우도분류법(Maximum likelihood classifier) 등 다양한 분류방법이 개발되어 사용되고 있다. 이 중 가장 일반적으로 사용되는 최대우도분류법의 분류방법은 우선 영상분류의 각 항목을 대표하는 트레이닝 데이터 세트를 영상으로부터 추출하고 이의 통계치를 바탕으로 각 항목의 DN이 나타내는 확률밀도함수를 생산한다. 이 함수를 바탕으로 하여 각각의 화소가 갖고 있는 DN이 각 클래스에 속할 확률을 계산하고 이에 의거하여 각 화소를 클래스에 배정하는 방법이다. 이의 결정 방식은 다음의 식과 같다.

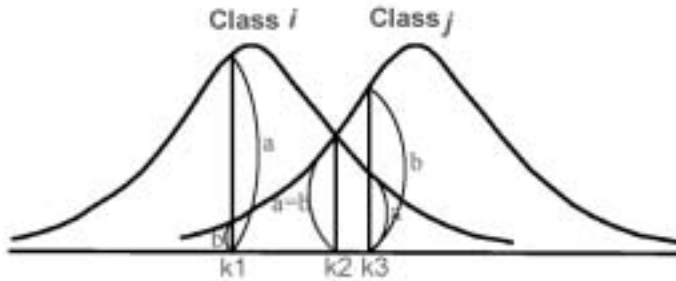
$$p(X|c)p(c) \geq p(X|i)p(i)$$

여기서 $p(X|c)$: 화소 X가 클래스 c에 속할 확률

$p(\mu_c)$: 영상에서 클래스 c 가 나타날 사전적 확률

i : 영상분류 각 항목

이 결정 방식에 의하면 다음의 그림에서 보는 바와 같이 영상 안의 화소 중 DN이 k_1, k_2, k_3 인 화소가 각각 분류항목 i 에 속할 확률은 a 이고 분류항목 j 에 속할 확률은 b 라고 한다면 k_1 은 분류항목 i 에 속할 확률이 j 에 속할 확률보다 크므로 화소의 DN값이 k_1 인 화소는 분류항목 i 로 분류되며, 화소의 DN값이 k_3 인 화소는 분류항목 j 로 분류된다. DN이 k_2 인 화소는 i 와 j 에 속할 확률이 절반으로 경계에 속한다.



<그림 2-4> 확률밀도에 의한 화소 분류의 개념

영상 내의 어느 화소가 각각의 분류 항목에 속할 확률 $p(X|\mu_c)$ 은 다음의 식에 의하여 계산된다.

$$p(X|\mu_c) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp[-1/2(x-u_i)^T \Sigma^{-1} (x-u_i)]$$

여기서, 앞의 식을 계산하기 편리하게 하기 위하여 양변에 $(2\pi)^{p/2}$ 를 곱한 후 로그의 값을 취한 것이 최대우도분류법의 결정방식의 수식으로 이를 전개하면 다음과 같다.

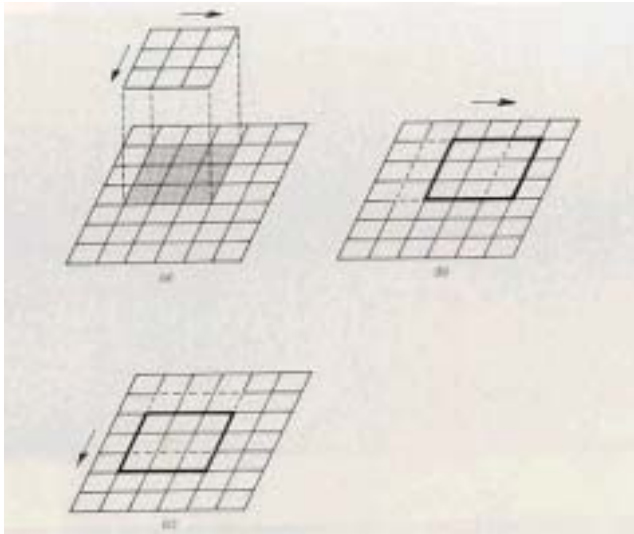
$$\begin{aligned}
 D &= \ln(p(X|u_c)p(u_c)*2\pi)^{D/2} \\
 &= \ln(p(u_c)) - 1/2*\ln(|\Sigma|) - 1/2*(x-u)^T \Sigma^{-1} (x-u)
 \end{aligned}$$

화소별 분류가 수행되는 산출 절차를 보면 우선, 영상 내의 모든 화소에 대하여 모든 분류항목의 트레이닝 데이터 세트가 만들어내는 평균 벡터와 배리언스, 코배리언스 행렬을 바탕으로 D값을 계산한다. 그리고 그 가운데 가장 큰 값을 나타내는 트레이닝 데이터 세트를 선택하여 그 트레이닝 데이터 세트가 대표하는 분류항목을 그 화소에 부여하는 것이다. 최대우도분류법 역시 화소단위 분류의 접근법이므로 앞서 무감독 분류방법에서 언급한 문제점들을 가지고 있다. 동일한 물체 안에서 나타날 수 있는 DN의 극값들이 이것이 속해있는 물체와는 독립적으로 분류될 가능성이 크며, 그 결과 하나의 물체에 속하여 있는 화소들임도 불구하고 서로가 다른 분류항목으로 분류될 가능성이 높다.

또한 분류항목의 확률밀도함수에 의하여 산출된 확률의 크기에 의하여 화소의 항목이 결정되므로 앞의 그림에서 k1의 DN을 갖는 화소가 분류항목 j에 속할 확률 b는 무시되며 이것에 의한 분류의 오류가 발생될 수 있다.

3) 영상분류 후처리 방법

영상에 대한 화소단위의 분류결과 나타나는 salt and paper 효과를 저감시키기 위하여 kernel을 이용하여 kernel 안의 토지이용/피복분류 결과를 보정하려는 방법이 사용되고 있다.



<그림 2-5> kernel의 운용개념

이것의 일반적인 방법은 다음의 그림에서 보는 바와 같이 화소별 영상분류 결과에 kernel을 이용하여 kernel의 중심에 있는 화소의 영상 분류 항목을 당초의 분류결과에 관계없이 kernel 안의 영상분류 항목 중 최대빈도를 나타내는 항목으로 다시 지정하는 방법이다. 이 방법에 의하면 고립된 영상분류 항목의 화소의 분류항목을 변화시키기 때문에, salt and paper 효과가 저감되나 그러한 현상이 완전히 제거되는 것이 아니고 새로운 형태로 다시 나타나게 된다.

kernel을 이용한 방법 외에 매우 드물기는 하지만 일정 경계를 갖는 지역에 대하여 이의 최대빈도를 이 경계 내의 모든 화소에 지정하는 보정방법이 사용되기도 한다. 이의 한 예를 살펴보면, 분류결과 나타나는 salt and paper 효과를 제거하기 위하여 수작업을 통하여 영상을 우선 관심 영역 즉 하나의 영역이라고 판단되는 지역으로 분할한다. 그리고 분할된 단위 안의 토지이용/피복분류 결과를 활용하여 보정하려는 방법이다. 통일의 일반적인 방법은 kernel의 최대빈도 지정방법 혹은 유사하게 분할된 단위 안의 화소별 영상분류 항목 중 최대빈도를 나타내는 항목으로 다시 지정하는 것이다. 이 방법에 의하면 salt and paper 효과가 감소되

나 광범위한 지역을 대상으로 할 경우 영상을 분할하기 위하여 수작업을 이용함으로써 많은 시간과 비용이 투입되어야 한다는 문제점이 있다.

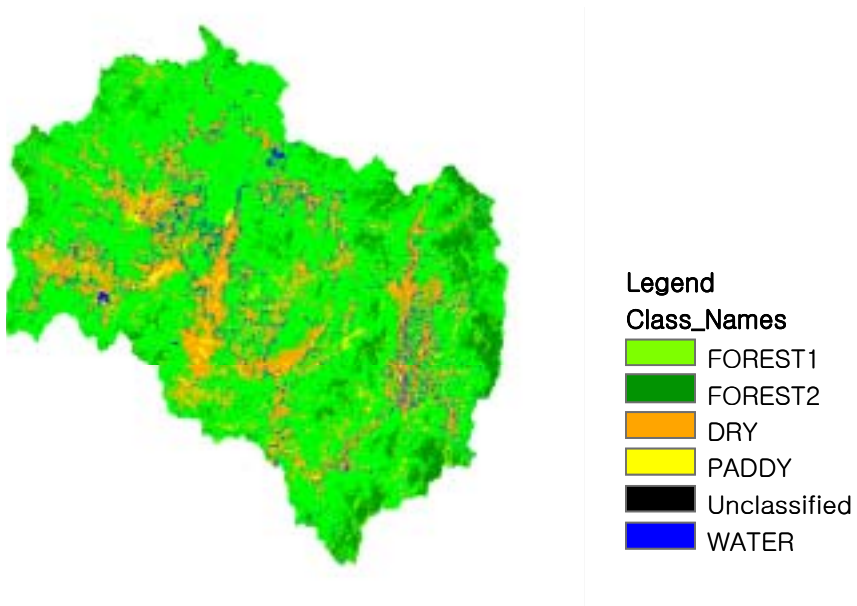
4. 기존 연구의 한계와 개선 방안

화소단위의 영상분류방법이 가지고 있는 문제점은 무엇보다도 화소단위를 실세계에서 지표현상을 관리하는 단위와 일치시킬 수 없는 경우가 많다는 것에 있다. 이 경우 화소단위의 영상분류 결과가 일반적으로 지리정보 혹은 영상정보 수요자의 수요를 충족시킬 수 없는 사례가 빈발한다. 위성영상에서 화소로 표현된 것이 물체를 직접적으로 나타내는 것이 아니기 때문에, 원격탐사 영상에 대하여 영상분류를 행하든 아니면 물체를 확인하여 지도화 하여야 한다. 그 후에야 원활하게 벡터데이터와 더불어 공간분석에 활용될 수 있다. 그러나 기존의 영상분류 방법대로라면 영상분류의 결과가 한 물체 안에서도 화소별로 서로 다른 물체로 판단됨으로서, salt and paper의 형태를 갖기 때문에 정확한 자료가 요구되는 계획이나 연구 및 업무에 활용하기 어렵다.

고해상도의 영상에서는 이러한 현상이 더욱 심하게 나타날 수 있다. 공간해상도가 높아질수록 한 물체는 더욱 많은 수의 화소로 분할된다. 한 물체에 속하는 거의 대부분의 화소는 유사한 분광적 특성을 갖을 것이지만, 모든 화소에 대하여 이것을 기대할 수 없다. 이 경우 동일한 물체에 속하는 화소라도 서로 다른 DN을 갖게 되며, 이에 화소단위의 영상분류 방법을 적용하면 같은 물체를 구성하는 화소라도 서로 다른 분류를 갖는 결과가 나타날 수 있다는 것이다. 실제로 이러한 현상은 화소단위의 고해상도의 영상분류에서 피할 수 없는 현상이다.

중·저해상도의 영상자료의 경우도 다음의 그림에서 보는 바와 같이 이러한 현상을 가지고 있다. 다음 그림은 금강산댐 유역에 대하여 Landsat 영상을 가지고 토지이용/피복분류를 시행한 것이다. 이 결과에서 물의 분포를 보면 물이 존재할 수 없는 다양한 위치에서도 물로 분류된 화소들을 발견할 수 있다. 중·저해상도

의 경우에는 고해상도에서 나타나는 현상에 더하여, 서로 다른 물체가 한 화소 속에서 관측되는 이른 바 분광적 특성 혼합(spectral mixing) 현상이 나타게 된다. 예를 들면 하천과 하천에 인접한 지역이 한 화소에 포착됨으로서 서로 다른 두 성격의 물체의 분광적 특성이 혼합되어 이들과는 별개의 분광적 특성을 갖는 화소를 생산하게 된다. 이것을 물체의 분광적 특성에 따라 분류하게 되면 그 결과는 기대와 다를 수 밖에 없을 것이다. 또 다른 문제로는 현실세계의 지형지물과는 괴리가 있는 형태로 공간을 분할함으로써 지리정보로서의 정확성 확보에 문제점이 노정되는 것이다.



<그림 2-6> 화소별 토지이용/피복 분류 사례(금강산댐 유역)

자료원: LANDSAT TM자료로 해상도 30m

영상분류 후처리 방법 중 kernel의 최대빈도에 의한 보정방법은 언급한 바와

같이 salt and paper 효과를 저감시킬 수 있다. 그러나 그러한 현상이 완전히 제거 되는 것이 아니고 새로운 형태로 다시 나타나게 됨으로서 문제는 그대로 안고 있다고 할 수 있다. 또 수작업을 통하여 보정하는 방법은 앞서 언급한 바와 같이 salt and paper 효과가 제거되나 광범위한 지역을 대상으로 할 경우 작업이 현실적으로 어렵다.

이 연구에서는 앞서 제시된 영상자료 분류상의 여러 가지 문제점을 해결하고 국토관리의 현장에서 요구되는 실용성 있는 자료를 생산하기 위하여 인공위성 영상을 분류하는 방법을 제안하고자 한다. 우선은 영상획득 기술이 발전하여 고 해상도의 영상이 일반화될 것에 대비하고 앞서 언급된 문제를 해소하기 위하여, 영상 내의 물체 단위의 분류방식을 개발하도록 한다. 특히 국토를 다루는 행정의 단위인 필지의 GIS정보를 통합 활용하여 고해상도의 영상을 분류하는 방법을 검토하도록 한다. 이를 위하여 필요한 과정으로는 영상을 최대한 물체와 가깝게 분할하는 방법과 분할된 영역을 단위로 영상을 분류하는 방법의 개발이 필요하다.

다음에서는 이를 위하여 구체적인 영상의 분할과 영상의 영역 단위 분할방법을 검토하도록 한다.

3 CHAPTER

영상자료의 전처리

1. 개요

이 연구가 추구하는 바는 고해상도의 위성영상을 이용하여 국토관리 및 계획에 사용될 수 있는 토지이용/피복 정보를 생산하는 방법을 모색하는 것이다. 이를 위하여 이 연구에서 사용될 자료는 1/1000 축척의 지적도, 공간해상도 4m의 IKONOS 다중분광 위성영상, 그리고 공간해상도 1m의 IKONOS 전정색 위성영상이다. 이들 각 자료는 연구의 목적을 충족시켜 줄 수 있는 공간적인 세밀함을 가지고 있어야 한다. 그리고 서로간에 함께 분석에 사용될 수 있도록 지리정보의 좌표체계가 일치하여야 하는 것은 기본이고, 각 자료에서 표현된 지형지물이 서로 일치되도록 자료가 정비되어야 한다. 그것이 충족되었을 경우, 비로소 각 자료들을 통합하여 분석하는 것이 가능하여 진다.

이 단계에서는 통합분석의 전 단계로서 사용될 자료를 정비하는 과정이 수행되었다. 이 과정은 여러 처리 과정을 포함하고 있는데 이중 우선 IKONOS 위성영상 가운데 공간해상도 4m의 다중분광 영상자료를 1m 공간해상도의 영상과 융합하여 1m의 다중분광 영상을 생성하는 과정을 수행하였다. IKONOS 위성영상 가

운데 공간해상도 4m의 다중분광 영상자료는 지적도와 함께 필지 단위로 분석하기에는 공간해상도가 조악하기 때문이다. 다음으로는 융합된 영상을 지적도와 함께 사용할 수 있도록 위성영상 자료의 위치보정과 화소의 DN 재산출 과정을 수행하였다. 이와 더불어 다중분광 위성영상 자료를 이용하여 필지별 토지이용/피복분류에 유용한 정보를 제공하여 줄 수 있는 자료들을 추가적으로 생산하였다. 그리고 벡터데이터인 지적도는 위성영상 자료와 같이 사용하기 위하여 래스터로 변환하였다. 이 내용들이 다음에서 자세히 논의될 것이다.

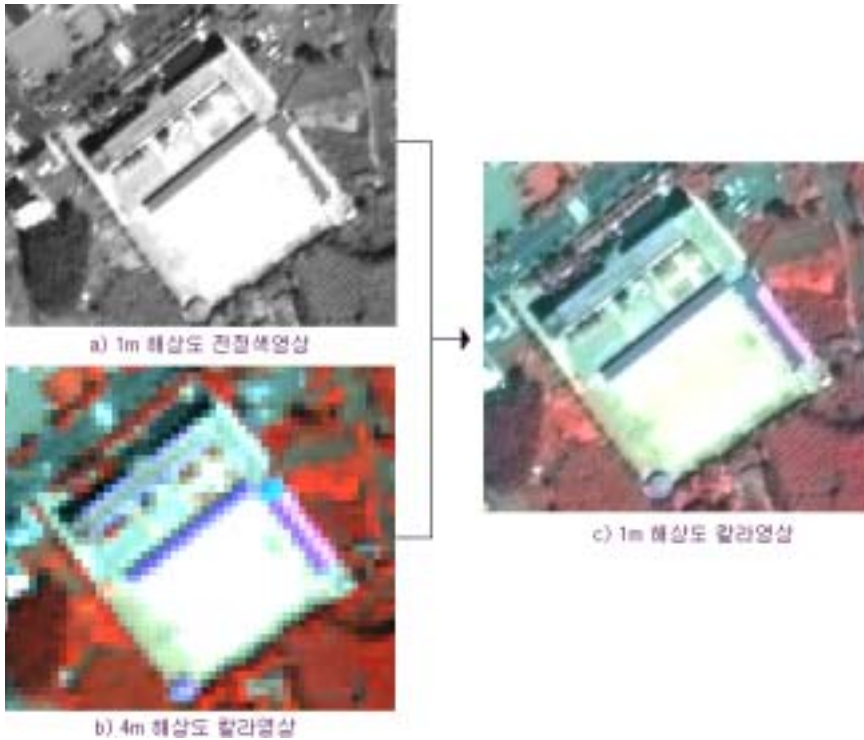
2. 영상융합

영상융합은 서로 다른 해상도와 분광정보를 가지고 있는 두 개 이상의 영상을 다양한 방법을 이용하여 융합하여 보다 세밀하고 다양한 영상정보를 얻을 때 사용하는 영상처리기법이다. 영상융합의 필요성은, 다양한 영상 자료원 별로 다양한 공간해상도와 센서를 사용하는 상황에서, 서로 다른 자료원으로부터의 자료를 함께 사용하여 자료의 효용성을 높이는데 있다. 그러므로써 각각의 자료가 가지고 있는 장점을 최대한 살린 자료를 새로이 생산하여 분석에 사용하도록 하는 것이다.

이 연구에서 사용하는 자료는 앞서 언급된 바와 같이 IKONOS 인공위성에서 수집된 공간해상도 1m의 전정색 영상 및 공간해상도 4m의 다중분광 칼라영상이다. 공간해상도 1m의 영상의 경우 공간적으로는 매우 상세한 정보를 가지고 있지만 전정색이므로 분광학적으로는 가지고 있는 정보가 흑백으로 물체를 구분하는 수준의 정보이다. 공간해상도 4m의 칼라 영상의 경우 공간적으로는 앞의 자료에 비하여 훨씬 조악한 정확도를 갖는 자료이지만, 분광학적으로는 4개의 밴드를 가지고 있으므로 훨씬 많은 정보를 가지고 있다. 토지이용/피복 분류를 시행하기에 앞서 두 영상의 장점을 갖는 영상의 생산하여 토지이용/피복 분류의 정확도를 높이기 위하여 영상융합이 시행되었다.

영상융합은 공간해상도 1m의 전정색 위성영상의 공간해상도를 갖되 각 화소의 DN은 공간해상도 4m의 다중분광 위성영상의 분광특성을 갖을 수 있도록 수행되었다. 영상융합의 방법은 매우 다양하며 각 방법이 모두 같은 결과를 가져오지는 않는다. 영상융합은 주성분분석을 이용한 방법, IHS를 바탕으로 한 영상융합방법, High Pass Filter이용방법, 수학적 방법 등 다양하다.

이 연구에서는 용이하게 영상을 융합할 수 있는 방법 가운데 수학적 방법을 사용하여 kernel의 중심 화소의 영상융합 결과치를 kernel의 흑백영상과 다중분광 영상의 DN의 평균치를 이용하여 산출하였다. 그 결과를 그림으로 보면 다음과 같다. 좌측 상단의 영상(a)는 공간해상도 1m의 전정색 영상이고 좌측 하단의 영상(b)는 공간해상도 4m의 칼라영상이다. 그리고 이 두 영상을 융합하여 새로이 만들어진 영상이 우측에 있는 공간해상도 1m의 칼라영상(c)이다. 그림을 통하여 알 수 있는 바와 같이 공간해상도 1m 영상의 자세함과 공간해상도 4m영상의 분광적 특성의 두 가지가 공간해상도 1m의 칼라 영상에 잘 반영되어 있음을 알 수 있다.



<그림 3-1> 공간해상도 1m칼라영상 융합

3. 영상자료 기하보정

다양한 자료원의 공간정보 자료들을 같이 연구나 분석에 이용하기 위해서는 각 공간정보 자료들이 지리적으로 동일한 표현방식과 위치정보를 갖도록 같은 체계로 통일하여 주어야 한다. 즉 같은 좌표계와 지구타원체를 바탕으로 통일된 위치정보를 갖도록 등록하는 과정이 필요하다. 이를 위해서는 두 가지의 과정이 필요하다. 첫째로는 각 화소의 위치를 정확히 보정하는 과정이고, 둘째로는 위치가 보정된 화소의 DN을 재산출하는 과정이다. 이상의 과정은 ERDAS사의 영상 처리 소프트웨어인 Imagine 8.5버전을 이용하여 수행되었다.

1) 위치보정

만약 공간적인 위치가 정확하게 관측 혹은 측량되었다면, 자료원이 다르고 원래 자료가 가지고 있던 좌표계나 적용된 지구타원체가 다르다 하더라도 동일한 체계로 등록하였을 경우, 서로 다른 체계에 표현된 동일한 위치를 나타내 주는 공간정보는 모두 정확하게 일치하여야 한다. 그러나 원시 영상은 일반적으로 다양한 원인에 의하여 발생된 기하적인 왜곡을 가지고 있으며, 이로 인하여 두 자료가 정확하게 일치하지 않는다.

이 연구에서는 TM 좌표계로 구축된 필지별 정보를 가지고 있는 지적도와 UTM(Universal Transverse Mercator)좌표계를 갖는 IKONOS 인공위성에서 수집된 공간해상도가 각각 1m X 1m의 흑백영상 및 4m X 4m의 다중분광 칼라영상을 사용하였다. 따라서 두 개의 서로 다른 좌표체계를 통일할 필요가 있었다. 이 중 UTM좌표체계, 그리고 지구타원체는 WGS84 타원체로 통일하여 사용하도록 하였다.

예상된 바와 같이 동일한 체계로 세 자료를 통일하였음에도 지적도와 인공위성영상 사이에 정확한 공간적 위치의 일치가 이루어지지 않았다. 이것은 위성영상이 가지고 있는 기하학적 왜곡요소에 주로 크게 기인하게 된다. 기하학적인 왜곡은 크게 두 가지로 나누는데 하나는 시스템적인 혹은 예상 가능한 왜곡과 다른 하나는 무작위로 발생하거나 예상이 불가능한 왜곡이다.

시스템적인 왜곡은 왜곡의 출처를 수학적으로 모델링하여 추출한 공식을 적용하여 쉽게 보정을 할 수 있으며 사용자에게 영상을 공급할 때 일반적으로 보정하여 제공하므로 이 연구에서는 별도로 고려하지 않았다. 다만 무작위로 발생하는 왜곡과 나머지 알려져 있지 않은 시스템적인 왜곡들은 영상에 존재하는 잘 분포된 지상기준점(ground control point: GCP)의 분석을 통해 보정하도록 하였다.

기하보정의 기준이 되는 공간정보로는 지적도를 사용하였다. 원래의 지적도는

TM좌표계를 사용하고 있었으나 첫 단계에서 TM좌표계를 UTM좌표계로 변환하였다. 그리고 변환된 지적도에 가능한 한 IKONOS영상을 일치시키도록 기하보정을 수행하였다. 기하보정을 위하여는 기준이 되는 공간자료와 이에 맞추려는 공간자료 모두에서 서로가 동일한 점이라는 것을 확인할 수 있는 지상기준점들을 찾아 내야 한다. 이 과정에서 사용된 지상기준점은 모두 22개 지점이었다. 이들 지점은 가급적 기하보정하려는 위성영상에 고루 분포될 수 있도록 선정하였다. 그러나 지적도와 IKONOS 위성영상에서 동일한 지점으로 모두 위치확인이 가능한 점들이 균등하게 발견되는 것은 아니기 때문에 지역적인 다소의 편중은 피할 수 없었다.

기하보정 방식 중 일반적으로 사용되고 있는 방식에는 Moving, Scaling, Rotating 방법, Transformation방법, Rubber Sheeting 방법 등 크게 3가지가 있다. 이 중 첫 번째 방식은 지역의 모양과 면적을 보존하는 장점이 있으나 서로 같다고 인정되는 점을 모두 맞출 수 없다는 것이 문제점으로 지적된다. Transformation과 Rubber Sheeting은 신축된 도면을 펴는 방법으로 일치되는 점으로 정확히 이동하느냐 여부에서 차이가 있다. Transformation방법은 보정하고자 하는 영상 전체를 다항방정식을 이용하여 일률적으로 보정하는 방식이다. 따라서 위성영상의 왜곡이 부분적으로 다르게 나타나고 있는 경우에는 모든 위치를 정확하게 보정할 수 없다. Rubber Sheeting 방법은 이러한 문제점을 보완하기 위하여 위성영상 전체를 일률적으로 보정하지 않고 부분으로 나누어 각각에 적합한 보정이 발생할 수 있도록 하는 방법이다. 그러나 이 방법도 전자가 가지고 있는 문제점을 제대로 해결하지는 못한다.

이 연구에서는 ERDAS Imagine의 영상재배열 기능을 이용한 Transformation 방법과 Moving, Rotating 방법을 혼합하여 사용하였다. 우선 2차 방정식을 이용한 Transformation방법을 먼저 적용하였으며, 이 결과에 Moving, Rotating 방법을 다시 적용하여 기하보정의 정확도를 높이도록 하였다. 그 과정을 자세히 살펴보면 기하보정을 하고자 하는 영상을 기준 지리정보와 연결시키기 위해, 두-좌표체계

의 GCP 자료를 바탕으로 회귀분석(예: Least-Squares Regression Analysis)하여 두 자료간의 상관성을 회귀식으로 결정하였다. 다음 전환할 왜곡된 영상의 좌표체계를 회귀식에 의하여 기준좌표체계로 산출하며 이것을 수학적 개념으로 표기하면 다음과 같다.¹¹⁾

$$x = f_1(X, Y)$$

$$y = f_2(X, Y)$$

여기서 (x, y) : 왜곡된 영상의 좌표 (열, 행)

(X, Y) : 보정(지도) 좌표

f_1, f_2 : 변환 함수

이 Transformation 방법의 문제점은 앞서 언급한 바와 같이 함수에 의하여 일률적으로 영상재배열을 수행함으로써 비록 정확하게 일치하는 지상기준점들이라 하더라도 회귀식 상에 존재하지 않을 경우 다소의 위치불일치가 발생(Residual)하게된다. 이를 다시 기준이 되는 지적도와 비교하면서 인위적으로 필요한 만큼씩 Moving, Rotating 등을 적용하여 최대한 두 공간자료가 일치하도록 하였다. 그러나 무작위의 공간적 왜곡은 완전하게 제거될 수 없는 요소를 가지고 있으며, 이 결과에서도 그러한 것들이 남아 있을 수밖에 없었다. 전체적인 RMSE(residual mean square error)는 5-6픽셀의 사이의 값을 나타내었다.

다음의 그림 중 좌측의 그림(a)은 기하보정이 되기 전의 지적도면과 위성영상을 중첩하여 보여주고 있다. 두 공간자료 사이의 불일치가 매우 심하게 나타나고 있는 것을 일견하여 발견할 수 있다. 이것은 여러 가지의 이유가 있을 것이나 가장 큰 요인으로는 지형적인 굴곡이 가져온 왜곡일 것으로 사료된다. 다음 그림의 우측에 위치한 그림(b)은 이상과 같은 기하보정 과정을 거쳐 얻은 결과로서의 위

11) ERDAS, 1999. ERDAS Field Guide, ERDAS, Atlanta, Georgia, 307-342 p.

성영상과 지적도면을 중첩하여 나타낸 것이다. 기하보정 전 그림 중앙의 하천과 도로의 불일치가 매우 심하게 나타났으나, 기하보정 후 하천과 도로의 일치 정도가 크게 개선되어, 두 자료 사이의 불일치가 현저하게 보정되었음을 발견할 수 있다. 그러나 세밀하게 관찰할 경우 다소의 불일치가 발견되고 있다. 이 연구의 목적이 기하보정 방법을 연구하는 것이 아니기 때문에 더 이상의 정교한 작업을 위하여 새로운 방법을 개발하는 노력은 생략하였다.

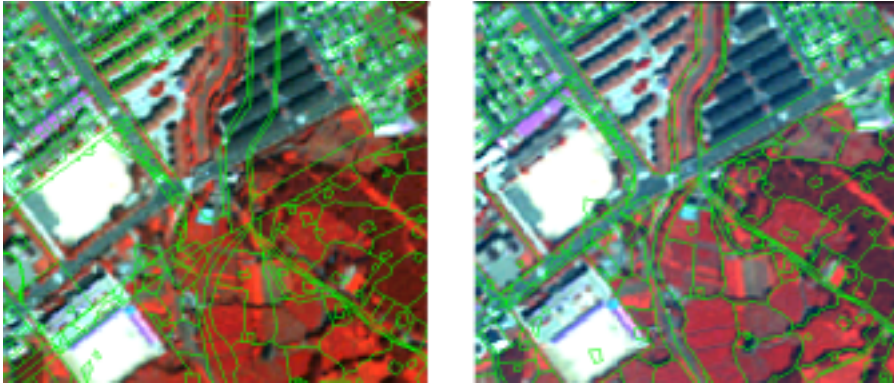
2) 화소별 DN 재산출

기하보정하고자 하는 영상의 각 화소 위치를 기준좌표체계로 변환 시키면 각 화소의 위치가 보정이 된다. 다음의 과정에서는 위치가 보정된 화소의 DN을 결정하여야 한다. 이것을 결정하는 방법은 최근린내삽 재배열(Nearest-Neighbor Resampling), Bilinear Interpolation 기법, Cubic Convolution재배열 기법 등이 있다.¹²⁾ 최근린내삽법은 위치가 보정된 각 화소의 DN을 위치 보정전 화소 중 가장 가까운 화소의 DN으로 취하는 방법으로 가장 산출하기 손쉬운 방법이다. Bilinear Interpolation 기법은 위치가 보정된 화소의 DN을 위치 보정전 화소 중 주변 4개 화소를 취하여 거리에 따른 가중치를 적용하여 보정된 화소의 DN을 결정하는 방법이다. Cubic Convolution재배열 기법은 Bilinear Interpolation 기법과 유사하나 보정전 화소 중 주변의 16개 화소의 DN을 이용하여 위치 보정된 화소의 DN값을 결정하는 방법이다. 각각의 장단점이 있으나 여기서는 자세한 설명을 생략하도록 한다.

이 연구에서는 Cubic Convolution재배열 기법을 사용하였다. 이 기법은 최근린내삽법에서 나타나는 원래 위성영상의 물체의 모양에서 흐트러진 형태가 존재하지 않으며, Bilinear Interpolation기법보다 좀 더 뚜렷한 영상을 생성한다는 것이

12) opcit., 307-342 p.

특징이다. 그러나 화소의 DN을 산출하기 위한 처리시간이 길어진다는 단점이 있다. 다음의 그림 3-2는 위치보정과 화소의 DN 재산출의 결과를 모두 실행한 후 생성된 영상으로서 연구대상지역의 일부를 선택하여 보여주는 그림이다.



a) 기하보정전

b) 기하보정후

<그림 3-2> 영상자료 기하보정

4. 식생지수 산출

식생이 가지고 있는 분광적 특성을 이용하여 이들을 용이하게 판별하는데 사용될 수 있는 변수를 산출하여 토지이용/피복분류의 변수로 사용하도록 준비하였다. 엽록소를 가지고 있는 식생은 분광대역 중 빨강 빛은 거의 흡수하며 근적외선은 강하게 반사해내는 분광반사 특성을 가지고 있다.

녹색식물의 이러한 특성은 식생지수를 통하여 더욱 강조되어지므로, 식생지수가 식생의 판별에 중요한 변수로 활용될 수 있다. IKONOS 인공위성 영상의 밴드는 4가지로서 이 중 밴드 3이 0.63-0.70 μm 으로 빨강 색 스펙트럼을 포괄하며 밴드

4가 0.76-0.85 μ m으로 근적외선 스펙트럼의 일부를 커버한다. 이 연구에서는 식생 지수의 산출에 언급한 밴드 3과 밴드 4를 이용하였으며, 산출식은 다음과 같다. 각 화소의 식생지수를 산출하는 프로그램이 Fortran으로 작성되었으며 이를 이용하여 각 화소의 식생지수를 계산하였다. 이렇게 산출된 식생지수는 필지별 토지 이용/피복분류를 하는데 하나의 변수로 포함되어 분석되었다.

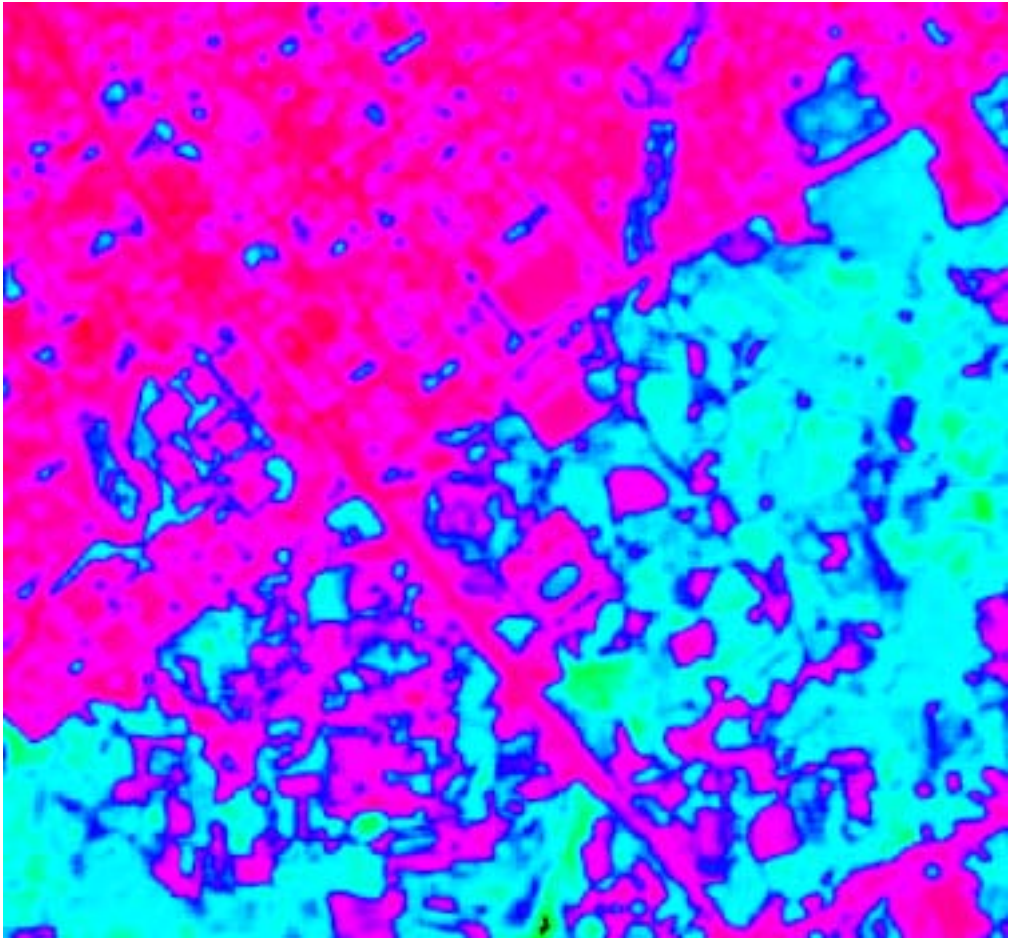
$$NDVI = \frac{DN4 - DN3}{DN4 + DN3} * 100$$

여기서 *NDVI*: 식생지수

DN3: 다중분광영상 화소의 적색 밴드의 DN

DN4: 다중분광영상 화소의 근적외선 밴드의 DN

아래의 그림은 각 화소에 대하여 산출된 식생지수의 크기에 따라 이를 그림으로 나타낸 것이다. 밝을수록 식생지수가 높고 어두울수록 식생지수가 낮은 것을 나타낸다. 시가화된 지역의 경우 식생지수는 예상된 바와 같이 낮게 나타나고 있다. 반면에 농경지와 산림은 높은 식생지수를 나타내고 있다.



<그림 3-3> 식생지수

5. 지적도의 벡터-래스터 변환

연구대상지역의 지적도는 벡터데이터로 제작되어 있다. 이는 토지관리정보체계 구축을 위하여 제작된 것으로 TM 도법으로 작성되어 있다. 이 자료를 영상자료와 같이 사용하기 위하여 영상자료와 같은 데이터 모델인 래스터 자료로 변환하였다. 이 변환에는 Arc/Info를 이용하였으며 이의 Vector to Grid 기능을 사용하

였다.

지적도를 래스터 자료로 변환시킨 후 투영법을 TM 도법에서 UTM 도법으로 변환하였다. 이는 위성영상과 같이 분석하기 위하여 필요한 과정으로 IKONOS 위성영상은 UTM 도법으로 등록되어 있기 때문에 투영법을 동일하게 하기 위한 것이다. 서로 다른 자료원의 공간정보를 같이 사용하기 위하여는 두 자료의 투영법과 투영법에서 사용된 지구타원체가 동일하여야 두 자료가 동일한 위치체계를 갖게 되기 때문이다. 다음의 그림은 벡터형태의 지적도를 래스터형태의 자료로 변환시킨 결과이다.

CHAPTER 4

영상자료의 분석단위간 위상관계 설정

1. 지형지물의 경계강화

위성영상 자료는 지표로부터 반사되어온 전자기파의 강도를 화소 단위로 측정하여 기록한 자료이다. 이 자료의 원시형태는 지형지물을 화소로 분할하여 수집한 화소정보의 집합체인데, 하지만 지형지물과 관련된 직접적인 정보를 전혀 가지고 있지 않다. 한편 사용자는 화소단위의 영상자료를 관찰할 때 가지고 있는 지식을 바탕으로 많은 정보를 추출하여 내며, 이러한 정보를 다른 과업이나 연구에서 활용하고자 한다. 이 정보는 사용자의 두뇌에 생산된 자료이나 이것을 여러 사람이 공유하거나 컴퓨터에 저장하고 이를 다른 정보와 결합하여 사용하기 위하여는 “정보의 생산”이라는 추가적인 작업이 이루어져야 한다.

위성영상자료가 실제로 공간자료로서의 가치를 가지려면, 위성영상 자료가 사용자가 원하는 이러한 정보를 제공하여 주어야 한다. 사용자가 원하는 정보는 일반적으로 지도에 표현되는 지형지물에 대한 정보일 것이다. 이러한 정보를 위성영상 자료로부터 얻어내기 위하여는 화소단위의 정보를 보다 진보된 형태의 정보로 발전시켜야 한다. 이 과정은 매우 복잡할 뿐만 아니라, 일률적으로 정해진

과정을 통하여 얻을 수 있는 것이 아니다. 복잡한 인간의 지형지물 인식과정을 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션 할 수 있도록 하여야 하며, 이것은 연구자 나름대로의 독특한 과정으로 구현될 수 있다. 이 연구에서는 이와 같은 과정을 연구자의 체계 속에서 구성하고, 이를 통하여 지형지물의 형태를 추출하려 한다.

지형지물의 형태를 추출하는 첫 단계로서 지형지물의 경계를 추출하고 그 경계에 둘러싸인 부분을 영상에서 지형지물로 정의하려고 시도하였다. 지형지물의 경계는 일반적으로 영상분석 전문가 혹은 영상을 자세히 관찰하는 연구자에게는 상당부분 손쉽게 인식되어진다. 지형지물의 경계로 인식되어지는 부분의 특성을 살펴보면 지형지물의 경계가 갖는 위치적 특성은 서로 다른 물체간의 접점으로 파악된다. 이웃한 지형지물이 서로 다른 스펙트럼 특성을 가지고 있을 경우, 이 경계에서의 스펙트럼 상의 특징은 일반적으로 급작스러운 DN의 변화가 나타난다는 것이다.

이것은 지형지물의 특성 중 동일한 지형지물은 같은 재질로 이루어져 있고, 다른 지형지물은 서로 상이한 재질로서 이루어져 있는 것이 보편적이기 때문이다. 분광학적으로 볼 때 동일한 지형지물은 동일하거나 적어도 유사한 분광반사특성을 나타낼 것이라는 것을 의미한다. 또 서로 다른 지형지물의 경우 분광반사특성에 있어서 다른 유형을 보여준다.

따라서 동일한 지형지물의 내부에 대응하는 화소들은 유사한 분광반사측정치를 가지고 있어 DN의 급작스러운 변화는 물체 안에서는 나타나지 않는다. 하지만 물체 내에서 나타나는 동질적인 분광반사측정치와 백그라운드 혹은 이웃한 물체와의 서로 다른 분광반사 측정치에 기초하여 볼 때, 지형지물의 경계에서는 DN이 급작스럽게 변화하는 현상이 나타나게 된다. DN이 변하는 정도는 인접한 물체와의 분광반사 측정치의 대비 정도에 따라서 달라지게 된다.

이러한 특성을 갖는 물체 경계를 강화하기 위하여 일반적으로 활용되는 방법은 다양하게 개발되어 있다. 대표적인 것으로는 로버트 오퍼레이터, 소벨 오퍼레이터, 라플래시안 오퍼레이터 등이 있다.¹³⁾ 이 중 라플래시안 오퍼레이터의 산출

방식을 대표로 살펴보면 다음의 수식과 같다.

$$f = f_x + f_0 + f_y$$

$$f_x = -DN_{i-1,j-1} - DN_{i,j-1} - DN_{i+1,j-1}$$

$$f_y = -DN_{i-1,j+1} - DN_{i,j+1} - DN_{i+1,j+1}$$

$$f_0 = 2DN_{i-1,j} + 2DN_{i,j} + 2DN_{i+1,j}$$

여기서 f : 라플래시안 경계강화 측정치

f_x : x방향의 경사도

f_y : y방향의 경사도

i : 화소의 행 번호

j : 화소의 열 번호

DN : 각 화소의 전자기에너지 측정치이다.

이 수식의 의미를 살펴보면 경계성을 측정하고자 하는 화소와 이를 중심으로 인접한 상하의 두 화소의 세 화소에 대하여 좌측과 우측에 인접한 각각의 세 화소들과의 차이를 계산하여 경계일 가능성을 검토하는 방식이다. 이 방식은 경계를 포함하고 있는 화소를 색출하는 일반적 이론에 부합된다. 그러나 이 방법은 두 가지의 문제점을 가지고 있다. 하나는 곧바로 경계가능 화소를 색출하여 주지 못한다는 것이고, 다른 하나는 경계가능성 측정치를 산출하는 방식이 경계의 기하학적 형태인 선형이 아니라 일정 면적을 이용하는 방식이라는 것이다. 첫 번째의 문제는 추후의 처리과정을 통하여 해결할 수 있다 하더라도, 두 번째 문제는 “지형지물의 경계가 위치하는 화소”를 찾아내는데 다소의 교란을 줄 수 있다. 그 이유는 다각형의 형태를 갖는 지형지물의 경우 꼭지점에 해당하는 지점의 경계

13) opcit., 199-202pp.

가 모호하게 될 가능성이 크다는 것이다.

그 외에 언급된 방법들의 문제점은 앞서의 문제들 외에도 서로 직교하는 두 방향의 DN의 변화정도를 측정하여 합산 혹은 평균한 값으로 경계 화소를 강화함으로써 경계를 나타내주는 지표가 다소 약화될 가능성이 있다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여 이 연구에서는 지구좌표체계 상에서 측정된 DN을 대상으로 하여 3차원에 대한 미분의 개념에 충실한 방법으로 각 화소에서 나타나는 변화율 즉 경사 값을 산출하여 경계를 강화하도록 한다. 경계에서 나타나는 변화율을 보다 완벽하게 측정하기 위하여는, 측정의 지점에서 측정 가능한 모든 방향에 대하여 DN의 변화율을 측정하고 이 가운데서 최대의 값을 선택하므로써 가능하다. 이 방법은 기존의 경계강화 방법을 상당한 수준 개선시킬 수 있을 것이지만 처리시간비용은 다소 증가하게 될 것이다. 그러나 하드웨어적인 컴퓨터 계산능력 기술향상으로 이것 자체가 이 방식의 문제점으로 작용하지는 않을 것으로 판단된다.

이 연구에서 제안하는 방식을 수학적으로 살펴보면 다음과 같다. X와 Y를 공간을 구성하는 좌표축이라 하고 이 좌표 상에 나타나는 DN을 R축에 나타낼 수 있다. 이 때 X와 Y와 R로 구성된 좌표 상에서 X와 Y의 값이 동시에 변할 때, XYR좌표 상의 한 점을 지나는 모든 x에 대한 전미분 함수 가운데 최대값이 그 점에 대하여 찾고 있는 경계의 특성을 최대한 잘 반영할 것이라는 가정이다. 이러한 가정 하에서 각 점을 지나는 모든 선에 대한 미분계수의 산출식은 다음과 같다.

$$\frac{dr}{dx} = \frac{\delta r}{\delta x} + \frac{\delta r}{\delta y} \cdot \frac{dy}{dx}$$

여기서 $\frac{dr}{dx}$: x의 변화가 y의 값에도 영향을 주는 상태에서 x중심의
전미분

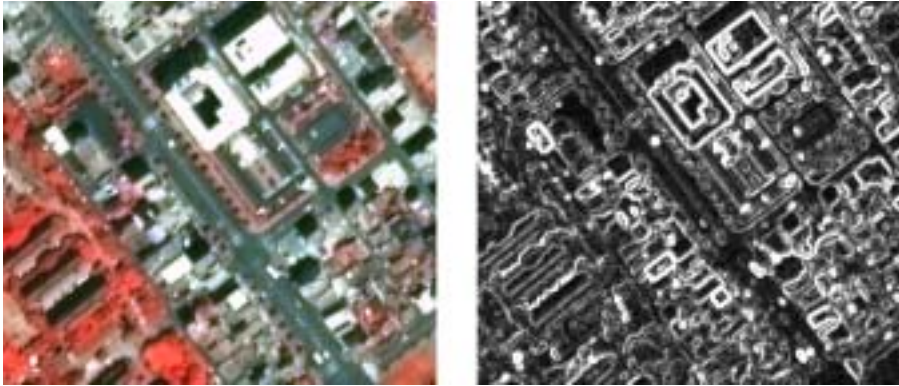
$$\frac{\partial r}{\partial x} : x \text{에 대한 } r \text{의 편미분}$$

각 화소에 대한 경계강화 측정치를 산출하기 위하여 사용되어야 할 오퍼레이터의 크기는 이미지의 스케일에 따라서 결정되어야 할 것이다. 즉 오퍼레이터의 각각의 반쪽에서 측정하고자 하는 물체의 분광반사 측정치를 안정적으로 취해 줄 수 있는 크기가 적정하며, 이에 따라 다른 크기의 오퍼레이터를 사용하여야 할 것이다.

이 연구에서는 경계강화를 위하여 사용할 오퍼레이터의 크기를 3X3으로 정하였다. 즉 측정하고자 하는 화소를 중심으로 8개의 방향으로 직접 연결된 화소들이 중심 화소의 분광반사 측정치 변화량을 계산하는데 사용되었다. 이것을 공간적으로 화소의 크기를 감안하여 본다면 인접한 두 물체 중 경계에서 각각 최소한 1.5미터씩의 범위 내에 있는 지역이 각각의 물체의 DN을 대표하여 경계강화를 위하여 포함되었다고 할 수 있다. 이것은 어느 정도 합리적인 것이 경계에서 이 정도의 깊이로 그 물체 안으로 들어가게 되면 그 물체의 안정적인 분광반사 특성을 확보할 수 있다고 판단되기 때문이다. 이 크기를 넘어설 경우 차도에 인접한 보도와 같은 경우 보도를 넘어서 다른 지형지물이 포함될 수 있어 두 지형지물간의 경계가 아닌 세 지형지물의 DN으로 경계강화 측정치를 산출하는 것과 같은 경우도 발생될 수 있을 것이다.

이렇게 하여 각 화소에 대하여 가능한 모든 경계강화 측정치를 산출하고 그 중에서 최대값을 선택하여 새로운 경계강화 측정치 영상을 생성하였다. 생성된 연구대상지역의 경계강화 측정치의 영상 중 일부분이 다음의 그림에 제시되어 있다. 그림에서 보는 바와 같이 물체의 경계가 제안된 방법으로 상세하게 강화되었다. 특히 인접한 지형지물과 대비가 큰 지형지물의 경계는 매우 선명하게 드러나고 있다. 그러나 인접한 지형지물과 대비가 약한 지형지물의 경계는 측정치의 크기가 약하게 나타나고 있다. 이러한 요소들이 복잡하게 영상 전체에 걸쳐 나타

나게 되므로 경계를 단순한 방법으로 일거에 추출하기는 어려운 상태임을 보여 주고 있다.



a) 칼라영상

b) 경계강화 영상

<그림 4-1> 1m 흑백영상의 경계강화 영상

2. 잠정경계 추출

지형지물의 경계는 경계강화 측정치가 주변의 측정치에 대하여 경계에 수직한 방향에 대하여는 국지적으로 볼 때 상대적으로 최대치를 가질 것이다. 그렇기 때문에 경계는 경계강화 측정치가 만들어내는 공간에서 볼 때 국지적으로 경계에 수직한 직선에서 정점에 위치하게 된다. 그러나 경계의 방향을 현 단계에서는 알 수 없으므로 모든 방향에 대하여 이러한 특성을 갖는 화소를 색출하고, 다시 경계가 속해 있을 가능성이 큰 화소들로 압축시켜 나아가야 한다.

이러한 특성을 갖는 화소는 물체의 경계강화 측정치로 구현한 3차원 곡면 상, 어느 방향에 대하여든 적어도 한 방향에 대하여 최대치를 갖는 지점이라고 정의할 수 있다. 이러한 특성을 갖는 점은 이론적으로 볼 때 이 방향에 대하여 이 곡

면의 미분계수를 구할 경우, 그 값은 0이 된다. 이를 찾기 위해서는 지형지물의 경계강화 측정치 즉 DN을 1차 미분한 결과를 모든 방향에 대하여 다시 한번 미분을 실시하여야 한다. 재차 미분하여 그 가운데 0의 값을 갖는 화소들을 모두 색출할 경우 지형지물의 경계를 포함하는 화소가 이 안에 존재하게 된다. 여기서 x와 y를 위치를 나타내 주는 좌표라 하고 지형지물 경계강화 측정치를 r이라고 할 때 이러한 과정을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{dr}{dx} = \frac{\partial r}{\partial x} + \frac{\partial r}{\partial y} \cdot \frac{dy}{dx} = 0$$

이 중 지형지물의 경계 상에 위치하는 화소는 반드시 선형으로 연결되어야 한다. 또 이 선형은 물체를 둘러싸게 되므로 반드시 폐쇄되어야 한다. 이것이 지형지물의 경계가 갖는 기하학적인 특성이다. 이러한 특성을 이용하여 앞에서 색출된 경계 가능 화소들을 정비하여 나간다면 보다 지형지물의 경계를 포함하고 있을 가능성이 높은 화소들을 찾아낼 수 있을 것이다.

잠정경계 화소가 갖는 경계일 가능성에 대한 크기를 바탕으로 한계치를 적용하여 경계일 가능성이 큰 화소들만 선택하였다. 그리고 선택된 화소들을 대상으로 지형지물의 경계로서 가져야 할 기하학적인 특성들을 바탕으로 선택된 화소들을 정리하였다. 정리의 절차는 우선 경계가 1차원의 선이기 때문에 선택된 화소들이 선의 형태와 가깝도록 정리하였다. 여기에서 잠정경계 화소는 보다 엄밀하게 말한다면 경계가 포함되어 있을 것으로 판단되는 화소들이다. 정확한 의미에서의 선은 면적을 가지지 못하지만 화소는 면적을 가지고 있는 2차원적 존재이기 때문이다. 그러므로 이 과정의 정리는 화소 가운데 경계가 포함되어 있을 가능성이 있는 화소들만을 남겨놓고 기타의 화소들은 모두 제거하여 버리는 작업을 의미한다.

이렇게 1차적인 정리를 하였다 하더라도 이 결과에는 명백하게 경계가 아닌

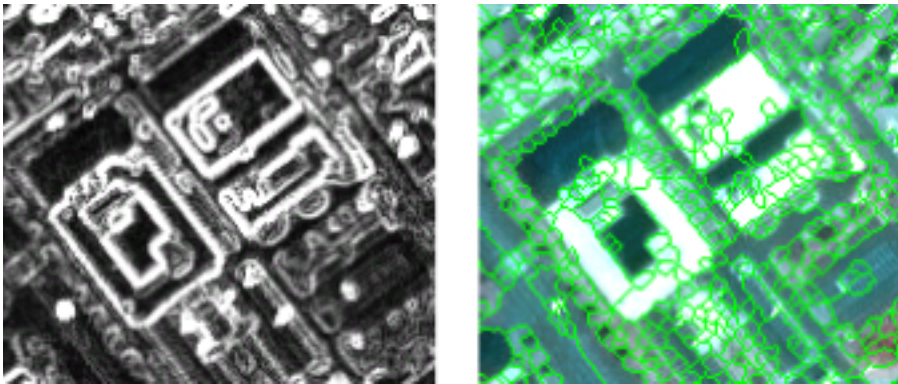
선형들이 남아있게 된다. 물체의 경계를 이루지는 않지만 경계에 연결되어 나타나는 선형들이 그것이다. 이러한 선형들의 특징은 물체의 경계를 이루지 못하기 때문에 폐합을 이루지 못한다는 것이다. 즉 끝을 가지고 있는 선형들이 이러한 것들에 속하는 것이다. 따라서 다음의 과정에서는 이러한 선형들을 제거하였다. 제거의 과정은 폐합되지 않은 선형이 발견되면 차례로 이 화소들을 경계 화소집단에서 제거하는 것이다. 이것을 잠정경계 중 폐합되지 않은 화소가 더 이상 존재하지 않을 때까지 계속하여 완전히 제거한다. 그러면 경계를 포함하고 있을 가능성이 있는 화소들만이 남아 있게 된다. 이 화소들의 집합의 특징은 앞에서 언급한 바와 같이 폐합되어 있는 폴리곤의 형태를 띤 선형들이다.

이상의 과정을 거친다 하더라도 동일한 지형지물 내의 DN의 변동에 의해 존재하는 원치 않는 가상 경계들이 존재하게 된다. 동일한 지형지물로서 동일한 자질로 이루어져 분광특성이 유사하다 하더라도 DN이 서로 완전하게 같을 수는 없다. 이런 현상이 완전하게 제거될 수 있는 수준의 한계치를 적용하여 잠정경계를 정리할 수 있다면 바람직하겠으나 이것은 거의 불가능하다. 왜냐하면 각 지형지물들이 가지고 있는 분광특성이 매우 다양하고 이들 사이에서 경계일 가능성이 있는 화소의 경계강화 측정치도 매우 다양하게 나타나기 때문이다. 이것이 초래하는 현상은 예를 들면 A와 B 물체 사이의 경계강화 측정치가 C 물체 내의 DN 변동치에 의하여 나타나는 경계강화 측정치보다 작을 수도 있기 때문이다. 따라서 일괄적으로 경계를 찾아 줄 수 있는 한계치는 존재하지 않는다.

다음의 그림은 지형지물의 경계강화 측정치(좌측)와 이로부터 추출된 지형지물의 잠정경계(우측)를 보여주고 있다. 이 그림의 우측에서와 같이 하나의 지형지물이라고 판단되는 영상이 여러 조각의 폴리곤으로 나뉘어져 있음을 볼 수 있다. 이것은 앞서 언급한 것과 같이 물체의 내부에 존재하는 DN의 변화가 형성시킨 가상의 경계로서 한계치를 적용하였을 경우에도 제거되지 않고 남아있는 것들이다. 만일 이것들을 제거하기 위하여 한계치를 높인다면, 물체의 경계로서 보존되어야 할 경계들이 제거될 가능성이 높다. 이러한 우려 때문에 한계치를 더

높이지 않고 경계가 속해 있을 가능성이 있는 화소들을 정리한 것이다. 이렇게 한 지형지물이 여러 개의 영역으로 나뉘어져 있는 것을 다른 방법을 이용하여 최대한 물체의 경계에 가깝도록 재차 가공할 필요가 있다.

가능한 방법 중에는 모든 필요로 하는 경계를 보존하여 줄 수 있는 수준의 한계치를 적용하고 다른 방법을 활용하여 지형지물의 보다 완성된 형태를 갖추도록 처리하여 나가는 방법이 있을 수 있다. 이 연구에서는 이 과정을 통하여 지형지물의 경계가 더욱 정확한 것이 될 수 있도록 처리하는 방식을 선택하였다. 다음에서는 이와 관련된 처리 과정과 그 결과를 살펴보도록 한다.



a) 경계강화 영상

b) 잠정경계추출 결과

<그림 4-2> 물체 잠정경계 추출

3. 영역간 통합

이상의 과정을 거친다 하더라도 물체 내의 DN의 변동에 의해 존재하는 원치 않는 가상 경계들이 존재하게 되며, 분할된 영상의 단위인 영역간의 분광특성의 유사성을 인접한 영역들과 비교하여 유사성이 인정되는 영역들은 통합할 필요가 있다. 이 연구에서는 이를 수행하는 방법으로 인접한 두 영역들을 구성하고 있는 화소들의 분광특성 값들에 대한 통계적 파라미터를 바탕으로 유사성을 검증하는

방법을 도입하였다. 그 결과 영상 내의 인접한 두 영역이 통계적으로 설정된 유사한 수준을 만족시킬 경우 두 영역은 같은 지형지물로부터 나온 것이라는 추론을 하였다. 이를 위하여는 인접한 영역들을 확인할 수 있는 위상관계가 설정되어야 한다.

1) 영역간 위상관계 설정

영역간의 위상관계를 설정하기 위하여는 각 영역을 지칭하는 인식자를 우선 부여하여야 한다. 그리고 이를 바탕으로 영상 내의 분할 단위인 영역간의 인접관계를 알아야 한다. 이 연구에서는 GIS에서 의미하는 모든 객체에 대한 모든 형태의 위상관계를 구축하려 하지는 않았다. 다만 이 연구에서 필요로 하는 최소한의 위상관계만을 정립하도록 하였다. 이 연구에서 요구되는 위상관계는 이웃하는 영역간의 유사성을 검증하여 통합여부를 결정하는데 필요한 영역간의 위치관계를 규명하는 위상관계이다. 따라서 이 수준의 위상관계를 설정하는 것에서 만족하였다.

영상 내 각 영역의 인식자는 이론적으로 두 가지의 조건을 바탕으로 수행하였다. 첫째로 모든 영역은 경계로 분할되어 있어야 한다. 경계로 분할되지 않은 것은 하나의 영역이라고 간주하였다. 둘째로 인식자의 유일성을 충족시키도록 하였다. 영상 내의 하나의 영역은 하나의 인식자에 의하여 정의되도록 하였다. 따라서 모든 분할된 영역들 중에는 동일한 인식자를 가진 두 개의 영역이 존재할 수 없다.

이러한 조건을 만족시키도록 우선 영상 내에서 분할된 모든 영역에 ID를 부여하였다. ID를 각 영역에 부여하는 방법으로 분할된 경계에 의하여 둘러싸인 모든 화소들의 집합을 하나의 영역으로 규정하고 새로운 집합이 발견되는 대로 이들에 대하여 순차적으로 ID를 부여하였다.

다음의 과정에서는 이를 바탕으로 단순히 인접한 영역간의 위상관계를 설정하

였다. 확인된 위상관계는 공간적 객체에 일대일로 대응하도록 일종의 데이터베이스로서 구축하여 관리하였다. 즉 위상관계의 정의는 일대일의 관계이지만, 영역의 인접 영역들은 다수일 수 있다. 오히려 다수일 경우가 일반적이다. 이러한 정보들이 모두 자료로서 관리될 수 있도록 데이터베이스의 개념으로 구축하여 별도로 관리하였다.

2) 영역간 통합

영상 내에 분할된 영역간의 인접관계가 규명되면 이들 간의 유사성을 검증하는 방법을 개발하여야 한다. 인접한 영역간의 유사성은 영역을 구성하고 있는 화소들의 밴드들이 나타내는 DN의 유사성을 비교하는 방법을 이용하였다. 두 개의 인접한 영역간의 유사성을 단일 밴드를 사용하여 검증할 경우 student t-test를 사용할 수 있다. 이 경우 검증방식은 단순하여 용이하게 처리할 수 있으나 검증능력은 낮아질 수 있다. 반면에 수집된 여러 밴드의 특성을 모두 활용할 경우 훨씬 정확한 검증이 가능하지만 검증의 통계적 처리에 보다 복잡한 과정이 적용되어야 한다.

이 연구에서는 다소 통계적 처리에 복잡함을 감수하더라도 여러 변수 즉 여러 밴드에 대하여 측정된 DN을 이용하여 검증력을 높이도록 하였다. 이러한 의도를 만족시켜줄 수 있는 통계방법으로는 *student t-test*를 multivariate analysis로 확장시킨 *Hotelling's t-test*가 있으며 이의 검증 수식은 다음과 같다.

$$T^2 = \frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2} (X_1 - X_2)^t S^{-1} (X_1 - X_2)$$

여기서 T^2 : Hotelling's T^2

X_1 : 영역1에 속한 화소의 밴드별 DN의 평균의 행렬

X2: 영역2에 속한 화소의 밴드별 DN의 평균의 행렬

S: 영역1과 영역2로부터 유추된 모집단의 Variance-covariance 행렬

n1: 영역1의 화소의 총수

n2: 영역2의 화소의 총수

이 T^2 는 자유도 ($p, n1 + n2 - 2$)를 갖는 다음과 같은 F 값을 갖는다. 이렇게 산출된 값을 바탕으로 인접한 두 영역간의 유사성을 검토하여 볼 수 있다.¹⁴⁾

$$T^2 = \frac{(n1 + n2 - 2)*p}{n1 + n2 - p - 1} F(p, n1+n2-p-1)$$

여기서 p : 분석에 사용된 변수(밴드)의 수

이를 F 를 중심으로 다시 정리하면 다음의 식과 같다.

$$F(p, n1+n2-p-1) = \frac{n1 + n2 - p - 1}{(n1 + n2 - 2)*p} T^2$$

만일 인접한 두 영역이 동일한 종류의 물체라면 분광반사의 특성이 유사할 것이다. 이 경우 F 값은 작은 값을 가질 것이고 반대의 경우 큰 값을 갖게 될 것이다. 여기서 각 영역에 속하여 있는 화소의 수가 다양하기 때문에 자유도는 어떤 영역간의 유사성이 검토되느냐에 따라서 달라지게 된다. 또 다른 자유도에서는 같은

4) 이에 대한 자세한 검증과정은 Anderson, T. W., 1984. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, John Wiley & Sons, New York, pp. 156-194.14) 참조

F 값이라 하더라도 유사성이 달리 파악되어져야 한다. 이렇게 자유도에 따른 F 값을 고려하여 이의 유사성에 대한 유의수준을 통계적으로 검토할 수 있다.

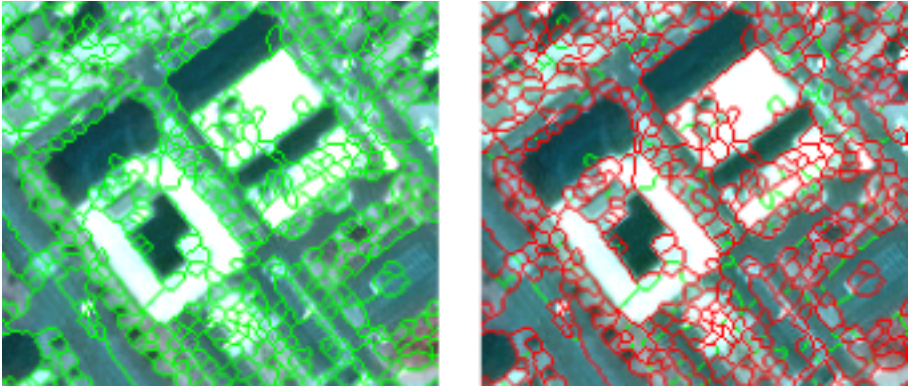
통계적 검증의 과정을 살펴보면 확인된 모든 영역에 대하여 통계적 파라미터들이 산출되어 데이터베이스의 개념으로 관리되었다. 이를 위하여 산출된 각 통계적 자료들은 각 영역의 화소 수, 영역의 각 밴드별 DN의 합계, DN의 평균, DN의 sum of square와 sum of product, 이를 바탕으로 한 variance-covariance matrix 등이다.

이러한 파라미터들을 이용하여 파악된 영역간의 위상관계 중에서 인접관계가 확인된 영역간에 유사성이 검토되었다. 유사성의 방법은 인접한 두 영역에 대하여 앞서 제시된 *Hotelling's T^2* 의 값이다. 검토된 유사성이 설정된 유의수준을 만족시키는 두 영역은 통합하고 그렇지 못한 영역은 그대로 두었다. 이와 같은 검증을 영상 내의 분할된 모든 영역과 이의 인접한 영역에 대하여 수행하여 영역간 통합을 수행하였다. 유사한 것이 설정된 기준을 충족시키는 경우 두 영역 중 하나의 영역을 기준이 되는 영역의 ID로 치환하였다. 그리고 이렇게 통합된 두 영역간의 경계는 제거되고 새로운 영역이 생성되었다.

다음의 그림은 이와 같은 과정을 수행하여 얻은 결과로서 사례지역의 일부에 대하여 새로운 영역(우)과 1단계의 잠정경계 영상(좌)을 비교하여 본 것이다. 이 과정을 통하여 유사한 영역간에 통합이 상당수 발생하였음을 발견할 수 있다. 따라서 잠정경계는 지형지물의 경계에 한 걸음 더 가까워졌다고 할 수 있다.

그러나 그 결과는 기대하였던 것에 대하여는 크게 미치지 못하였다. 그 이유로는 평균과 분산이 *Hotelling's T^2* 검증에 중요한 역할을 하는데, 영역 안이 순수하면 할수록 분산의 값도 작아지게 되며, 이것은 평균이 유사하더라도 조금만 차이가 있으면 이것을 차이가 큰 것으로 확대 해석하도록 하는 역할을 한다. 따라서 시각적으로 영상을 분석할 경우 분광특성이 매우 비슷하여 매우 유사한 영역으로 인식되지만 이 결과에 의하면 통계적으로는 서로 크게 다른 것으로 판별될 수 있다는 것이다. 이것을 위하여는 단순한 두 영역간의 유사성 판단 기준으로

두 영역에서 산출된 통계적 파라미터를 바탕으로 유사성을 검토하기 보다는 영상 전체적인 차원에서의 파라미터를 적용하는 방법 등을 도입하는 것이 필요할 것으로 보인다.



a) 1단계 잠정경계

b) 영역통합 결과의 경계

<그림 4-3> 영역통합

이 연구에서 영역간의 통합 과정까지에서 얻고자 하였던 결과는 지형지물에 적어도 근접한 영상의 영역 분할과 경계였다. 분석의 결과는 영상을 분광특성이 유사한 영역으로 집단화하는 것에는 어느 정도 성과를 거두었다고 보여진다. 그러나 지형지물의 경계를 정확하게 추출하기에는 아직도 많은 부분의 개선이 요구된다고 판단된다. 지표를 구성하고 있는 매우 다양한 지형지물 간에 분광적 유사성과 인접한 물체간의 다양한 수준의 분광적 대비 등이 기대하였던 만큼의 결과를 얻지 못하게 한 원인이었다.¹⁵⁾

15) 이것은 지형지물의 경계를 정확하게 추출하기 위해서는 보다 정교한 분석을 필요로 한다는 것을 의미한다. 이 연구에서 충분히 해결하지 못한 부분들은 앞으로도 계속 연구되어야 할 연구과제라고 판단된다.

4. 영상정보와 필지 정보의 통합

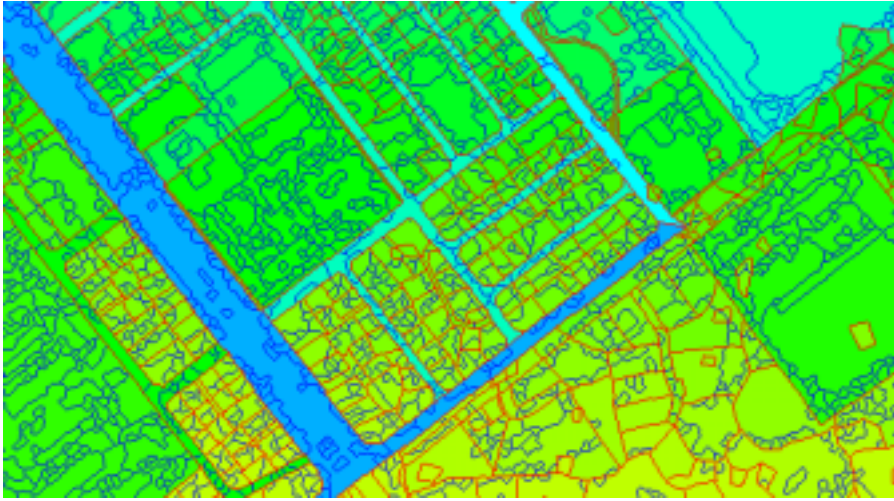
이 연구에서 최종적으로 얻고자 하는 결과는 필지별 토지이용/피복 현황이다. 지금까지의 영상분석은 필지를 고려하지 않고 영상 자체가 가지고 있는 분광특성을 이용하여 영상을 지형지물에 가장 가까운 형태로 분할하려고 하였다. 이렇게 분할된 영역들이 정확하게 필지의 경계를 존중하여 설정되어 있지 않기 때문에, 필지별 분석을 위하여 지금까지의 분석결과인 영역의 경계와 필지의 경계를 통합할 필요가 있다.

통합하여 새로이 설정된 경계를 바탕으로 영상의 영역을 다시 정의하였다. 통합의 과정에서 기존의 영역이 필지 경계에 의하여 분할되는 경우가 다수 발생될 수 밖에 없다. 이렇게 필지 경계에 의하여 재분할되고 다시 부여된 영역의 ID들이 별도로 관리되었다. 필지를 구성하는 지형지물이 다양할 수 있기 때문에, 영상의 분할 결과를 영상 분류의 기초 단위로 사용하고, 그 결과를 필지 단위로 종합하여 필지의 용도를 결정하는 것이 바람직하다.

이를 위하여 필지를 구성하는 하위의 개념으로서 영역 혹은 지형지물이라는 새로운 레이어의 개념이 적용될 필요가 있다. 따라서 새로이 설정된 각 영역은 필지 단위와 결합시켜, 필지를 구성하는 하위 단위로서의 개념으로서 영역과 그 ID가 데이터베이스의 개념으로 관리되었다. 이를 통하여 향후 영역 단위의 영상 분류가 시행될 경우, 각 필지 단위로 이 분류결과가 종합될 수 있도록 자료체계를 구축하였다.

다음의 그림은 연구 대상지역의 일부에 대하여 필지 경계와 영역의 경계를 통합한 결과이다. 필지 경계를 추출한 지적도와 영상을 비교하면서 발견된 문제점은 우선 지적도의 정비문제이다. 영상에서 확인할 경우 이미 도로가 개설되었거나 필지가 통합 혹은 분할된 경우라도 이것이 정리가 되 않은 상태의 필지들이 다수 발견되었다. 또 미세 필지를 영상과 함께 다루기 위하여 필지의 경계를 생성시킬 필요가 있으나, 경계를 생성시키기 어려운 작은 필지도 다수 발견되고 있

다. 이것은 래스터 모델의 자료가 가지고 있는 한계로서 화소가 면적을 가지므로 나타나게 되는 문제라고 할 수 있다.



<그림 4-4> 지적경계와 영상분할경계의 통합

- 주) 회색선: 필지경계선
- 검정선: 영상분할 경계선

CHAPTER 5

위성영상 자료를 이용한 필지별 토지이용/피복 분류

1. 영상분류의 방법론 설정

영상의 영역 분할은 그 자체로서는 큰 의미를 가지지 못한다. 분할된 영역이 특정의 지형지물을 나타내 주거나 혹은 다음의 분석에 활용될 경우 그 가치가 있다고 할 수 있다. 일반적으로 영상이 분할된 결과로서의 각 영역은 동질의 분광적 혹은 texture 특성을 갖는 화소들의 그룹으로서 동일한 토지이용/피복 상태를 나타내 준다. 하지만 그의 내용이 무엇인지를 나타내주지는 않는다. 따라서 후속의 처리로서 각 영역의 내용에 대한 분석이 뒤따르지 않는다면 그 결과는 매우 제한적으로 밖에는 이용될 수 없다. 하지만 이 분야에 대하여는 많은 연구가 없다.

영상분할의 결과를 이용하려 한 연구들을 살펴보면 메이어 등(1996), 구전(1995), Janssen and Molenaar(1995) 등의 연구가 있다. 이들의 연구는 분할된 영역을 분류의 단위로서 사용하려는 것들이다. 이 배경에는 동질의 화소들로 구성된 영역은 동일한 토지이용/피복이 이루어지고 있다는 전제가 있다. 다만 이들 대부분의 연구가 영역을 분류하는데 있어서 집단의 평균, 표준편차 등을 하나의 변수

로 취급하여 영역을 분류하려고 하고 있다. 즉 영역 단위로 추출된 통계적 파라미터를 파라미터로서 사용하지 못하고 있다는 것을 의미한다. 따라서 일단의 화소들이 나타내줄 수 있는 집단으로서의 다양한 통계적 특성이 영역의 분류에 제대로 반영되지 않고 있다. 또 다른 문제점으로는 이들이 사용한 영상분할 방법은 컴퓨터를 이용한 자동적인 영상분할 방법이 아니라 수작업을 통하여 영상을 유사한 특성을 가지는 단위로 분할한 것이다. 이것의 문제점은 작은 면적의 영상을 분석하는데는 큰 문제가 없겠으나, 광범위한 지역에 이러한 방법을 적용하기에는 많은 시간과 인력 등이 소요되어 무리가 있다.

이 연구에서는 이러한 문제점을 개선하여 제4장에서 제시된 자동 분할된 영상의 단위인 영역을 다음 단계의 분석을 위하여 연결하는 새로운 방법을 제안하였다. 기왕의 영상분할의 결과인 영역이 다음 연구의 분석에 연결되지 못한 것은 무엇보다도 영역별 처리의 방법이 구체적으로 강구된 것이 없기 때문이다. 그러나 각각의 영역은 하나의 독립적인 데이터의 단위로서 취급될 수 있는 조건을 충분히 갖추고 있다. 이미 앞 절에서 영역을 정의하고 ID를 부여하고 인접한 영역과의 위상관계를 정립하는 방법을 제시하였으므로 영역을 영상분석의 독립적인 단위로서 취급하는 여건은 이미 갖추어져 있는 것이다.

다음에서는 영상분할의 결과인 영역을 단위로 하여 영상을 분류하는 새로운 방법을 검토하였다. 우선 영역 분류를 위하여 감독분류의 방법을 적용하도록 하였다. 감독 분류에 의한 영역 분류에는 두 가지의 방법이 검토될 수 있다. 그 하나는 검토대상 영역의 각 밴드별 평균치와 트레이닝 데이터셀에 의한 분류항목별 확률밀도함수를 이용한 영역 분류방법이다. 이 방법은 기존의 화소단위 영상 분류 방법에 적용하였던 규칙을 영역의 평균에 적용하여 분류하는 방식이다. 다른 하나는 트레이닝 데이터셀에 의한 분류항목별 확률밀도함수와 검토대상 영역의 확률밀도함수의 차이를 바탕으로 유사성을 계산하고 이를 바탕으로 가장 유사한 분류항목을 결정하는 방법이 있을 수 있다.

정확한 결과를 얻기 위해서는 후자의 방법이 바람직하나 많은 컴퓨터 처리 시

간이 소요될 것으로 예상되었다. 그래서 이 연구에서는 영역의 밴드별 DN 평균을 이용한 토지이용/피복 분류방법을 사용하였다. 우선 검토대상 영역 평균치에 준거한 최대우도분류 방법을 살펴보면 분류의 방식은 화소의 최대우도 분류 방식과 동일하나 화소의 DN이 아닌 영역의 평균값을 이용하도록 하며 방식은 다음과 같다.

$$p(X|c)p(c) \geq p(X|i)p(i)$$

- 여기서 $p(X|c)$: 영역 X 가 분류항목 c 에 속할 확률
- $p(c)$: 영상에서 분류항목 c 가 나타날 사전적인 확률
- i : 영상분류 각 항목

영상 내의 어느 영역이 각각의 분류 항목에 속할 확률 $p(X|c)$ 은 다음의 식에 의하여 계산된다.

$$p(X|c) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp[-1/2(x-u_i)^T \Sigma^{-1} (x-u_i)]$$

- 여기서 x : 영역 x 의 밴드별 평균 벡터
- u_i : 트레이닝 데이터 세트의 밴드별 평균 벡터
- i : 영상분류 각 항목들
- Σ : 트레이닝 데이터 세트의 variance-covariance matrix

이 연구에서는 각 영역에 대한 사전적 확률은 고려하지 않았다. 이 경우 사전적 확률은 일률적으로 1의 값을 갖는 것으로 간주된다. 영역을 트레이닝 데이터 세트의 확률밀도함수를 이용한 최대우도분류 방법으로 분류할 경우, 만일 트레이닝 데이터 세트와 같은 모집단에서 나온 것이라면 두 집단의 통계적 특성은

유사할 것이며 다른 집단에서 나왔다면 통계적 특성은 차이를 보일 것이다. 이것은 트레이닝 데이터 세트의 확률밀도함수를 이용하여 두 영역간의 통계적 특성이 보여주는 확률밀도함수 즉 평균 벡터와 배리언스-코배리언스 행렬을 바탕으로 두 집단의 유사한 정도를 비교함으로써 알 수 있다.

이 과정에서 트레이닝 데이터 세트의 평균벡터는 각 영역의 확률밀도함수의 중심의 위치를 결정한다. variance-covariance matrix는 확률밀도함수의 모양 즉 침도와 분산의 정도를 결정한다. 이 때 각 영역의 평균치를 다차원의 확률밀도함수에 대입할 경우 각 영역이 당해 확률밀도함수에 속하게 될 확률이 산출된다. 이와 같은 확률이 모든 트레이닝 데이터 세트의 확률밀도함수에 대하여 산출된다. 그리고 각 영역에 대하여 산출된 각 트레이닝 데이터 세트에 대한 확률이 서로 비교된다. 각 영역은 이 중 가장 높은 확률을 보이는 트레이닝 데이터 세트가 대표하는 토지이용/피복 분류 항목으로 분류된다. 이의 결정 방식은 모든 트레이닝 데이터세트에 대하여 다음이 성립하는 데이터세트 i 를 찾아내는 것이다.

$$R_{mi} \geq R_{mj}$$

다음에서는 제안된 방법을 실제로 사례지역에 적용하여 보았다.

2. 사례지역의 토지이용/피복분류 유형 설정

사례지역의 영상을 바탕으로 지역 내에 존재하는 토지이용/피복분류 유형을 추출하고 이를 트레이닝 데이터 세트로 구축하였다. 토지이용/피복분류의 유형은 영상자료가 가지고 있는 한계를 감안할 때 분광특성만을 이용한 토지이용의 항목분류는 제한적일 수밖에 없었다. 영상 내에서 사회경제적 이용 특성을 감안한 토지이용/피복분류는 도시지역의 경우 특히 어렵다. 그러나 농촌지역의 경우 각 경작물이나 경작방법의 특성에 따라서 분류가 가능한 유형들을 더욱 세분화

할 수 있을 것으로 보여진다.

사례지역 내에서 분류가 가능한 토지이용/피복분류의 유형들을 살펴보면 다음의 표에서와 같이 기개발지의 경우 도로와 건물, 그리고 경작지는 밭과 과수원(귤밭), 산림 등의 토지이용/피복 유형들이 판독되었다.

<표 5-1> 분류가능 토지이용/피복 분류

| 대분류 | 중분류 | 소분류 |
|---------|-----|---------|
| 기개발지 | 도로 | |
| | 건물 | |
| 식생 | 경작지 | 초지/경작지 |
| | | 미경작지 |
| | | 과수원(귤밭) |
| | 산림 | |
| 하천 및 호소 | | |

3. 사례지역 필지별 영상분류

사례지역의 영상 분류에 사용된 변수들은 모두 5개로서 blue, green, red, infrared의 4개 밴드에 대하여 측정된 DN, 그리고 이 자료들을 바탕으로 산출한 NDVI(정규식생지수)이다. 대부분의 토지이용/피복 분류에서 중요한 부분을 차지하는 식생의 용이한 판별을 위하여 정규식생지수를 산출하여 밴드별 DN 이외에 변수로 추가토록 하였다.

영상의 분류는 분류의 정확도를 높이기 위하여 1차적으로 통합경계로 인하여 형성시킨 영역을 대상으로 하여 수행하였다. 이렇게 한 이유는 동일 필지 내에서도 다른 토지이용/피복분류 항목이 존재할 수 있으며 이들을 무시하고 통합하여 분류할 경우, 분류의 정확도를 크게 저하시킬 가능성이 있기 때문이었다. 특

히 식생과 건물의 분광특성이 서로 매우 다른 바, 한 필지를 단위로 평균하여 분석할 경우 이들 분광특성이 평균되고, 표준편차를 크게 만들므로써 분석의 오류를 야기시킬 것으로 판단되었다.

우선 분류를 위하여 앞서 선정된 분류항목의 대표성을 보이는 트레이닝 데이터 세트 60개 영역을 총 26,671개 영역 중에서 추출하였다. 각 분류 항목별로 추출된 트레이닝 데이터 세트의 수는 다음의 표와 같다. 이들 60개 트레이닝 데이터 세트에 대한 확률밀도함수 도출을 위한 통계적 파라미터들을 산출하였다. 다음으로는 26,611개의 영역에 대하여 앞서 언급한 5개 변수에 대하여 DN의 평균을 산출하여 영역 분류를 위한 자료로 관리하였다.

<표 5-2> 분류항목별 트레이닝 데이터 수

| 분류 항목 | 트레이닝 데이터 영역(개) |
|----------|----------------|
| 건물 | 10 |
| 도로 | 25 |
| 그림자 | 10 |
| 초지 및 경작지 | 10 |
| 과수원(귤밭) | 5 |
| 삼림 | 5 |
| 미경작지 | 5 |
| 합계 | 60 |

영역별로 산출된 평균을 바탕으로 트레이닝 데이터 세트 60개에 대하여 각각에 속할 확률이 산출되었다. 그리고 하나의 영역에 대하여 60개씩 산출된 유사성에 대한 확률이 서로 비교되었으며 이 가운데 가장 높은 확률을 보이는 트레이닝 데이터 세트의 ID가 각 영역에 새로운 항목으로 부여되었다. 26,671개의 영역에

대하여 확률의 산출이 완료되었을 때, 그 결과를 다시 분류 항목별로 재분류를 행하였다. 그러므로써 각 영역은 토지이용/피복분류 항목으로 분류되었다.

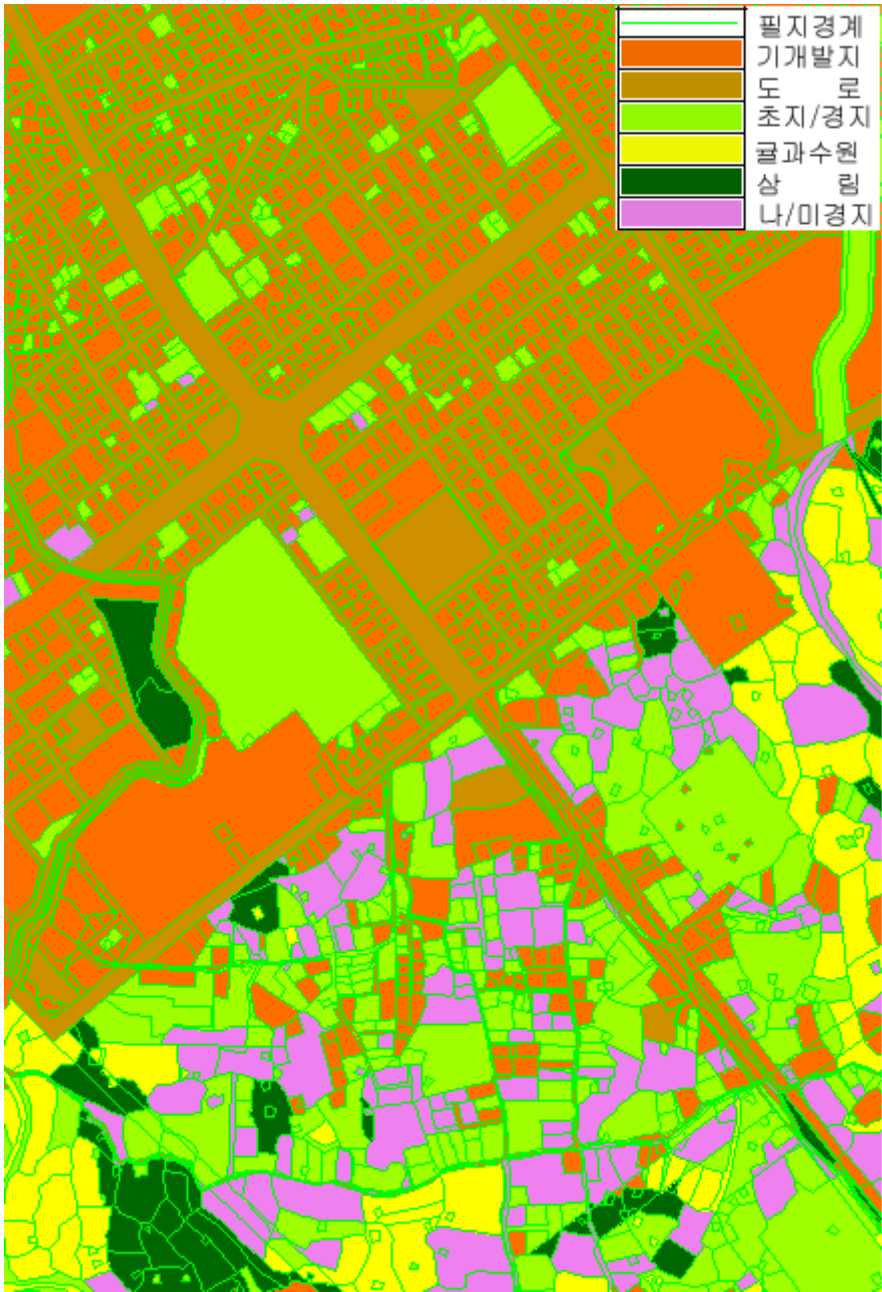
이 결과는 다시 필지별로 종합되어 필지의 토지이용/피복분류 항목 결정에 사용되었다. 각 필지를 영역별 분류 결과를 바탕으로 하였으나, 우선 필지 내에 건물로 분류되는 영역이 발견될 경우 그 필지는 기개발지로 분류하였다. 이는 한 필지 내라 하더라도 건물, 식생이 있는 정원 및 포장된 정원 등이 혼재하여 나타나는 현상을 감안한 것이다. 그리고 분류 항목 가운데 그림자는 건물 등과 같은 개발된 지형지물에 의하여 형성된다고 보고 기개발지에 포함하였다. 그 외에는 필지 내에서 가장 큰 면적을 보이는 영역의 토지이용/피복분류 항목을 당해 필지에 부여하였다.

<표 5-3> 토지이용/피복 분류항목별 면적

| 분류 항목 | 면적(ha) |
|----------|--------|
| 기개발지 | 88.61 |
| 도로 | 32.36 |
| 초지 및 농경지 | 45.20 |
| 과수원(귤밭) | 38.99 |
| 삼림 | 20.75 |
| 미경작 농경지 | 26.80 |
| 합계 | 251.09 |

다음의 그림은 그 결과를 필지별로 지도화한 사례지역의 일부를 나타낸 것이다. 그리고 다음의 표는 이렇게 하여 얻어진 결과를 분류항목별로 정리하여 면적을 산출한 것이다. 필지별 분석의 결과 항목별 면적은 기개발지의 면적이 약 88,6ha이고 초지 및 농경지가 45.2ha, 귤밭이 38.99ha 등의 순으로 나타났다.

그림에 의하면 사례 연구지역은 크게는 기개발지, 그리고 이와 인접한 농촌지역으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이 결과는 필지별 토지이용/피복 현황을 단번에 파악할 수 있도록 지역의 토지이용/피복 상태를 잘 나타내 주고 있다. 사례 지역은 시가화 지역의 경우 개발가능지는 거의 남아 있지 않은 것으로 분석의 결과에서 파악된다. 주변 농촌지역의 경우, 상당한 부분이 굴을 경작하는 과수원으로 파악되어 제주도의 토지이용 특성을 잘 나타내 주고 있다. 그리고 경작 중인 농경지와 미경작 중인 농경지의 구성이 비슷한 것으로 나타났는 바, 이는 이 영상의 취득시기가 5월로서 본격적인 경작이 이루어지기 전이기 때문에 나타난 현상으로 보인다.



<그림 5-1> 사례지역 필지별 토지이용/피복 분류현황도

4. 분류 정확도 평가

필지별 분류결과를 검증하기 위한 별도의 과정을 이 연구에서 수행하지는 못하였다. 전체적으로는 비교적 정확한 토지이용/피복 분류 결과를 얻을 수 있었지만 부분적으로는 개선의 여지가 많은 것으로 판단된다. 다만 육안으로 판별한 결과에 의하면 분류의 결과에 다소의 오류가 발생하였음을 확인할 수 있다. 오류의 내용을 살펴보면, 가장 두드러지게 나타나는 것으로서 도로와 기개발지 간의 혼돈에 의한 오류이다. 앞서 제시된 그림 중 하단의 도로가 대부분 기개발지로 분류되었음을 발견할 수 있다. 또 기개발지 내의 주차장이 도로로 잘못 분류된 것이 발견된다. 주차장이 도로로 분류된 것은 동일한 재질로 구성되어 있기 때문에 나타날 수 있는 현상이라고 판단된다. 다만 이러한 경우의 분류 정확도를 제고하기 위한 분류방법이 추가적으로 검토되어야 할 것이다. 예를 들면, 주차장의 필지형태와 도로의 필지모양이 현저하게 다르기 때문에 이러한 변수를 고려하여 도로와 주차장을 구별할 수 있도록 하는 방법 등이 있을 수 있다. 도로의 경우 기개발지로 오분류된 것도 도로가 가지는 특이한 형태의 필지 모양을 감안하여 분류한다면 오류를 줄일 수 있을 것이다.

그 외에 하천이 하나의 필지로 되어 있고 거의 건천이기 때문에 초지로 분류된 것을 발견할 수 있다. 또 필지가 겹으로 이용되고 있는 경우 오분류 문제를 야기시킬 수 있다. 예를 들면 결과도면에서 볼 수 있듯이 하천의 위로 다리가 놓여져 있지만, 필지 자료는 다리를 관리하지 않는다. 단지 지표에 직접 접하여 있는 토지의 구역을 관리하도록 되어있기 때문에 다리도 하천으로 포함될 수 밖에 없는 상황이 되어 있다. 이 경우 필지별 분류를 시행할 경우 다리가 하천으로 분류될 수 밖에 없다. 이것은 지리정보를 목적에 맞도록 어느 지표현상을 우위에 놓고 표현하느냐 하는 문제가 될 것이다.

CHAPTER 6

요약 및 결론

1. 요약

이 연구는 기존의 영상분류 방법에서 탈피하여 새로운 개념을 바탕으로 고해상도 영상자료를 이용한 필지별 토지이용/피복분류 방법을 개발하였다. 이 연구가 수행한 내용을 간략히 살펴보면 먼저 이 연구에서 제안된 방법을 실행하기 위한 사전 단계로서 위성영상자료의 전처리 과정을 다루었다. 우선 연구의 자료로서 사용된 다양한 자료원으로부터 오는 문제를 해결하기 위하여 영상자료 융합(fusion), GIS자료와 위성영상 자료의 연계처리 문제 등을 다루었다.

그리고 고해상도의 영상분석의 초기단계로서 거쳐야 할 영상분할과 분할된 영상 단위간의 위상관계를 설정하는 과정을 다루었다. 우선 영상 속의 물체를 용이하게 추출하기 위하여 물체의 경계를 강화시키는 방법, 물체의 경계가 강화된 이진 영상으로부터 물체의 경계를 추출하는 방법 등이 세밀하게 검토되었다. 여기서 사용된 물체의 경계 추출방법은 여러 과정의 처리단계를 갖지만 요약하면 우선 경계의 가능성이 낮은 선형을 한계치를 적용하

여 제거하고, 경계의 가능성이 있는 선형들만을 추출하는 방법이다. 다음의 단계에서는 이웃한 영상분할 단위 사이의 분광학적 특성을 통계적으로 분석하여 더욱 물체와 가까운 형태의 경계를 추출할 수 있도록 하였다. 그리고 이 결과를 GIS 자료와 통합하였다.

끝으로 GIS자료와 통합된 영상의 분할된 단위를 분류하는 과정을 다루었다. 분류의 방법은 최대우도 분류방법을 적용하였다. 그리고 이 결과는 GIS 자료와 결합하여 필지별 토지이용/피복 유형을 결정하는데 사용되었다. 필지의 토지이용/피복 유형은 각 필지 속에 나타나는 토지이용/피복 유형 가운데 가장 큰 비율을 보이는 유형으로 지정되었다. 이 결과는 최종적으로 연구 대상지역에 대한 토지이용/피복도를 작성하는데 사용되었다.

2. 결론

이 연구 결과의 학문적 기여는 고해상도 영상자료에 대한 새로운 분석방법 연구의 결과로는 고해상도 영상자료에 대한 새로운 객체지향적 분석방법의 개발로 필지별 토지이용/피복분류의 컴퓨터화가 가능하게 되는 기초적인 수단이 마련되었음을 들 수 있다. 우선 지형지물의 경계를 추출하기 위하여 필요한 과정으로서 보다 정교한 경계강화 방법을 제안하였다. 또 지형지물이 갖는 분광적 특성을 이용하여 보다 정확하게 이의 경계를 찾아내는 방법을 개발하였다. 그리고 이것을 영상분류에 연계시켜, 영역 단위의 영상분류 방식을 제시함으로써 고해상도의 영상분류에 적합한 새로운 시도를 하였다. 분석의 결과를 사례지역에 적용하여 본 결과를 바탕으로 하여 볼 때, 기존의 분석방법에 비하여 상당한 정도의 정확도를 향상시킨 것으로 판단된다.

법을 제시하였다는 것이다. 고해상도 영상정보로부터의 정보추출을 위한 새로운 방법을 개발함으로써 고해상도 영상자료의 활용을 촉진할 수 있는

기반을 구축하였다. 특히 지리정보와 영상정보의 통합 분석 방법의 제시로 지리정보와 영상정보 통합 연구에 기여하였다.

이 연구의 결과를 앞으로 생산될 국산 1m의 고해상도 위성영상 자료분석에 적용한다면 국토의 관리와 계획에 필수적인 정보인 국토이용현황에 대한 정확한 정보를 신속하고 저렴하게 생산할 수 있을 것이다. 국토와 관련된 각종 계획의 수립에 있어서 기본적인 토지이용과 변화 등의 정보를 활용할 수 있도록 하는 기반을 용이하게 구축할 수 있을 것이다. 특히 시계열적인 영상 자료의 축적시 도시의 개발이나 환경훼손으로 인한 변화를 감지하여 낼 수 있는 자료, 그리고 도시의 불법적 개발행위를 감지해 낼 수 있는 자료를 생산하는 수단으로 활용될 수 있다. 또한 필지 단위의 개발현황을 분석하여 내는 방법이 개발됨으로서 용이하게 정확한 개발가능지와 기개발지 등의 정보를 추출하여 도시계획 및 행정에서 활용할 수 있을 것이다. 그 외에도 이 방법을 이용한 분석결과가 공시지가 조사의 결과에 대한 정확성을 검증하는 자료로 활용될 수 있을 것이며, 도시 및 커뮤니티 계획 등에서 필지 단위의 정보를 바탕으로 계획을 수립할 수 있는 기초적 정보를 제공할 수 있게 되는 등 다양한 측면에서의 활용이 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

다만 정확도의 측면에서는 아직도 개선의 여지가 상당히 있다고 판단되나, 지형지물의 모양이나 고도 등의 자료를 함께 사용할 경우 매우 정확도가 높은 결과를 낼 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국토개발연구원. 1998. 『공간정보기반 확충을 위한 인공위성 영상자료 활용방안 연구』. 경기 : 국토개발연구원
- 국토개발연구원. 2000. 『고해상 영상자료의 자동 물체인식을 위한 경계 추출에 관한 연구』. 경기 : 국토연구원
- 김영섭, 서애숙, 조명희. 1998. 『원격탐사개론』. 서울 : 도서출판 동화기술.
- 유복모. 1997. 『원격탐사』. 서울: 개문사.
- Baumgartner, A., W. Eckstein, H. Mayer, C. Heipke, and H. Ebner, 1997. Context-supported road extraction. In: Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II) (A. Gruen, E. P. Baltsavias, and O. Henricsson, editors), Birkhauser Verlag, Basel, pp. 299-308.
- Coleman, G. B., and H. C. Andrews, 1979. Image segmentation by clustering. Proceedings of the IEEE 67 (5): 773-785.
- Elder, J. H., and S. W. Zucker, 1998. Local scale control for edge detection and blur estimation. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Intelligence 20 (7): 699-716.
- ERDAS, 1999. ERDAS Field Guide, ERDAS, Atlanta, Georgia, 672 p.
- Fjørtoft, R, A. Lopes, P. Marthon, and E. Cubero_Castan, 1998. An optimal multiedge

- detector for SAR image segmentation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36 (3): 793-802.
- Franklin, S. E., and B. A. Wilson, 1991. Spatial and spectral classification of remote sensing imagery. *Computers & Geosciences* 17(8): 1151-1172.
- Gougeon, F. A., 1992. Individual tree identification from high resolution MEIS images. *Proceedings of the international forum on airborne multispectral scanning for forest and mapping (with emphasis on MEIS)*, Forestry Canada, Canada, pp. 117-128.
- Gougeon, F. A., 1995. Comparison of possible multispectral classification schemes for tree crowns individually delineated on high spatial resolution MEIS images. *Canadian Journal of Remote Sensing* 21(1): 1-9.
- Haralick, R. M., and L. G. Shapiro, 1985. Image segmentation techniques. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 29: 100-132.
- Hay, G. J., K. O. Niemann, and G. F. McLean. 1996. An object-specific image-texture analysis of H-resolution forest imagery. *Remote Sensing of Environment* 55: 108-122.
- Hodgson, M. E., 1998. What size window for image classification? A cognitive perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64 (8): 797-807.
- Janssen, L. L. F., and M. Molenaar, 1995. Terrain objects, their dynamics and their monitoring by the integration of GIS and Remote Sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33 (3): 749-758.
- Jensen, J. R., and D. C. Cowen, 1999. Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65 (5): 611-622
- Kettig, R. L., and D. A. Landgrebe, 1976. Classification of multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects. *IEEE Transactions on Geoscience Electronics* GE-14(1): 19-26.

- McKeown, D. M., 1990. Toward automatic cartographic feature extraction. In: Mapping and Spatial Modelling for Navigation (Pau, L. F., editor), NATO ASI series F65: 149-180.
- Meyer, P., K. Staenz, and K. I. Itten, 1996. Semi-automated procedures for tree species identification in high spatial resolution data from digitized colour infrared-aerial photography. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 51: 5-16.
- Pax-Lenney, M., and C. E. Woodcock, 1997. The effect of spatial resolution on the ability to monitor the status of agricultural lands. *Remote sensing of Environment* 61: 210-220.
- Roberts R. J., 1965. Machine perception of three dimensional solids. In: Optical and electro-optical information processing (J. T. Tippett, D. A. Berkowitz, L. C. Clapp, C. J. Koester, and A. Vanderburgh, Jr., editors), MIT Press, Cambridge, MA, pp. 159-197.
- Sahar, L., and A. Krupnik, 1999. Semiautomatic extraction of building outlines from large-scale aerial images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65(4): 459-465.
- Shufelt, J. A., 1999. Performance evaluation and analysis of monocular building extraction from aerial imagery. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 21 (4): 311- 325.
- Teillet, P. M., K. Staenz, and D. J. Williams, 1997. Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions. *Remote Sensing of Environment* 61: 139-149.
- Touzi, R., A. Lopes, and P. Bousquet, 1988. A statistical and geometrical edge detector for SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 26 (6): 764-773.

- Trinder, J. C., Y. Wang, A. Sowmya, and M. Palhang, 1997. Artificial intelligence in 3-D feature extraction. *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II)* (A. Gruen, E. P. Baltsavias, and O. Henricsson, editors), Birkhauser Verlag, Basel, pp. 257-266.
- Wang, L., and D. C. He, 1990. A new statistical approach for texture analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56: 61-66.
- Welch, R., 1982. Spatial resolution requirements for urban studies. *International Journal of Remote Sensing* 3 (2): 139-146
- Woodcock, C. E., and V. J. Harward, 1992. Nested-hierarchical scene models and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing of Environment* 13 (16): 3167-3187.

SUMMARY

Land use/cover Classification Method for Individual Land Parcel in High Spatial Resolution Remotely Sensed Imagery

Jong-Yeol Lee, Sung Mi Hwang

This work is designed to exploit the current generation of high resolution panchromatic and multispectral sensors. Korean government has recently invested great amount of fund on developing earth resource satellite that will have very powerful sensor to gather a meter spatial resolution imagery. It should be developed that methods can handle the high spatial resolution satellite data. The research draws on a theoretical understanding of the spatial properties of high resolution data to develop new methods appropriate for the scale of such imagery.

This study has six chapters, including this chapter. Following the introductory material in Chapter I, Chapter II summarizes the theoretical background and previous research. The relationship between object identification and spatial resolution, and previous approaches to image segmentation for feature extraction are discussed.

The following three chapters discuss the three steps of the image analysis procedure developed in this research. Two types

of data are used to develop and test the methods investigated in this research. Land parcel map as a vector data and IKONOS imagery of Jeju-shi, Jeju-Do are used to test real world applications of this research.

Chapter III describes the proposed ridge following edge detection method, and compares image segmentation based on this method to the results obtained from a square texture window. Chapter IV is an investigation of image segmentation based on the amalgamation of patches identified through ridge-following edge detection. A central aspect of this work is the development of a topology for the patches to facilitate the analysis of the spatial relationships between adjacent patches.

Chapter V proposes a region-based classification scheme using the image elements derived in the image segmentation. The approach for the classification using patch statistics is developed as a classification method using the patch mean with training data set's probability density functions (pdfs). Finally, Chapter VI gives the overall conclusions and suggestions for using high spatial resolution remotely sensed data with this method.

This study produced a new feature-based image segmentation and classification approach specifically designed for high spatial resolution imagery. An important part of this work was the identification of image objects through the development of a reliable method of image segmentation. The new classification method resulted in improved results at both the image object scale and a richer attribution at the aggregate land cover scale.

This research made a contribution to the growing field of analysis of high spatial resolution imagery. There is a need for highly detailed information, for example in urban planning and

cadastral mapping. Automated methods have the potential for more rapid and more consistent mapping than human interpretation. And the results of this research should be especially useful to various areas such as land use monitoring, urban sprawl investigation, and city and regional land use planning, etc.