

農業 土地利用 地圖化를 위한 Landsat 資料의 應用

黃 晚 益*

Hwang Man-Ik

1. 序 論

Remote sensing의 새로운 기술을 응용하여 土地被覆상태(land cover)에 대한 정확한 정보를 짧은 시간내에, 비교적 적은 비용으로 얻으려는 노력이 오랫동안 있어왔다. 이러한 情報은 자원 개발계획 및 관리, 또는 지역개발에 증사하는 사람들에게는 중요한 것이다. 이러한 정보는 항공기 사진에서부터 Landsat에 의한 Multispectral Scanner나 Thematic mapper에 이르기까지 다양하고 이들 각각 다른 축척을 갖는 자료들은 여러 목적에 따라 이용되고 있다.

이 연구의 目的은 農業土地利用調查 및 그 地圖化에 Landsat 자료가 이용되고 있는 경향을 살펴 볼려고 한다. 地表와 地表資源에 대한 자료를 수집하기 위해 특수하게 고안된 첫 인공위성(ERTS 1, 후에 Landsat 1으로 명칭 변경)이 1972년 발사된 후 remote sensor의 기술 발달과 이에 의한 많은 자료획득이 용이해짐에 따라 이를 이용할 수 있는 기술들이 발달해 왔다. 예를 들어 Landsat에 의한 자료들은 대략적인 土地被覆상태를 보여주는 지도작성을 가능케 했다. 주요농작물 판별과 이들의 재배지역의 地圖化, 또는 주요농작물 수확량 추정 등에도 Landsat 자료를 이용하고 있다.

農業은 세계에서 작물재배가 가능한 거의 모든 地域에서 행해지고 있어 인간의 經濟活動中 가장 광범위한 지역을 차지하고 있다. remote

sensing이 농업에 利用되는 長點은 (1) 넓은 지역을 비교적 적은 費用으로 또 빠른 時日內에 탐지할 수 있고, (2) 반복적인 탐지로 長期間동안 또는 계절적 변화를 조사할 수 있고, 그리고 (3) 現存하는 자료에 항상 새로운 상황을 탐지해서 추가할 수 있음이다.⁽¹⁾ 農業에서 Remote sensing의 응용은 많지만 주로 다음의 여러 분야를 포함한다. 즉, (1) 主要農作物의 판별, 재배면적 및 분포; 灌溉農耕地 조사; 토양조사; 農作物 병충해 및 피해조사; 주요 作物의 수확량 예측에 관한 것들이다.⁽²⁾

2. Multispectral 방법에 의한 土地被覆상태의 分類

1.1 土地被覆상태

土地被覆상태(land cover)는 좁은 의미로는 자연적 또는 인위적인 地表의 피복상태를 뜻하지만 넓은 의미로는 植生 또는 非植生的인 土地利用(land use)을 뜻한다.⁽³⁾ Landsat 자료를 이용한 remote sensing에서 사용되는 토지 被覆상태의 區分(classification)은 대략적인 것으로 좁은 面積에 여러 土地利用을 갖는 자세한 小區分에 이르기까지에는 利用될 수 없다. 즉, Landsat 자료에서는 森林을 찾을 수 있지만 個個의 나무들은 판별될 수 없는 것이다.

1.2 Multispectral 方法

현대의 remote sensing 기술에서 multispectral 方法은 가장 효과적인 것으로 알려져 있다.⁽⁴⁾

* 서울大學校 師範大學 助教授

地表의 물체는 electromagnetic spectrum의 각각 다른 波長帶域에서 독특한 반응을 보여서 고유의 특징적인 spectral signature를 갖는다. 즉 均質의 土地被覆상태는 고유의 spectral signature를 갖고 있어서 他種類의 피복상태와 區分이 가능하게 된다. Remote sensing 기술에 응용되는 multispectral 방법은 이러한 특징을 이용하는 것이다. 地表에 있는 物體나 피복물의 모양, texture 및 空間的 分布의 특징들도 중요한 단서를 준다. 이러한 단서들을 補助情報로 하고, 土地, 피복상태의 spectral signature에 의해 判別한다는 근본적인 개념은 multispectral remote sensing에서 가장 중요하다.⁽⁶⁾

Landsat의 Multispectral Scanner(MSS)는 土地의 피복상태로부터 오는 spectral reflectance를 불연속적인 4種類의 波長帶(band)를 측정한다. 즉, 可視光 부분의 두 개의 bands, 0.5~0.6 μm (초록)과 0.6~0.7 μm (빨강), 그리고 두 개의 赤外線부분인 0.7~0.8 及 0.8~1.1 μm 波長帶이다. 이들 4개의 band들은 channel 번호 4~7로 불리운다.*

MSS에 의해 수집되는 地表의 單位地域(Instantaneous Fields of View)으로부터 측정되는 spectral reflectance는 한 개의 자료단위가 되는 pixel(picture element)로 기록된다. IFOV의 크기는 MSS sensor의 효과적인 resolution에 달려 있다. Landsat MSS는 한 개의 pixel에 기록되는 IFOV의 면적이 79m \times 79m(6241m²)이다. 그러나 실제 사용에는 pixel의 양측 인접지역의 중복되는 부분은 무시하고 79m \times 폭 56m(4424m²)의 크기로 사용되고 있다.⁽⁶⁾ 이들 pixel들은 數値로 기록되어 있기 때문에 재생될 수도 있고 또 수정될 수도 있다.

1983년부터 작동되는 Landsat 4에 장비된 개량된 MSS인 Thematic Mapper는 7個의 Channel로 되어 있다(表-1). 地表에서 오는 반사광량의 작은 차이도 측정 가능하게 되었고, 이에 따라 Spectral signature의 特性이 유사해서 MSS에서는 분간이 어려웠던 土地피복상태 判別능력이

* Thermal band(10.4~12.6 μm)는 8번째의 band로 Landsat 3에 장비되어 있다.

表-1. Radiometer Characteristics for the Thematic Mapper

Band	Spectral Width (μm)	Basic Primary Rationale for Vegetation
1	0.45~0.52	sensitivity to chlorophyll and carotinoid concentrations
2	0.52~0.60	slight sensitivity to chlorophyll
3	0.63~0.69	sensitivity to chlorophyll concentrations
4	0.76~0.90	sensitivity to vegetation density or biomass
5	1.55~1.75	sensitivity to water mass in plant leaves and snow/cloud
6	2.08~2.35	sensitivity to water in plant leaves and hydroxyl ions in minerals
7	10.40~12.50	surface temperature

자료 : Badhwar, G.D., K.E. Henderson, and D.E. Pitts, 1984. "Comparison of Simulated Thematic Mapper Data and Multispectral Scanner Data", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 14, pp. 247~255.

개선될 것이다. 또 Thematic Mapper는 IFOV도 30m이어서 MSS의 79m의 경우와 비교해서 Spectral resolution이 크게 증가되었다. 이러한 개선으로 Thematic mapper 자료의 응용은 MSS 경우보다 더 다양하고 또 효과적일 것으로 기대된다.⁽⁷⁾

MSS 자료를 사용한 흑백사진을 통해서도 영상판독이 가능하다. 다양한 multispectral reflectance를 갖는 pixel의 배열형태가 흑백영상을 만든다. 地表物은 각 band마다 독특한 gray tone으로 나타나는데 이는 주어진 band에 대한 地表物의 reflectance 또는 brightness 비율에 직접 관련이 있다. 즉, reflectance가 크면 클수록 흑백사진에는 더 밝은 tone으로 나타나고, 그 반대의 경우에는 더 어둡게 나타난다. 예를 들면, 農耕地에서 토양수분함유량은 spectral reflectance에 영향을 주어, 수분함유량이 큰 토양이나, 또는 有機物을 많이 포함하고 있는 토양은 Landsat MSS의 거의 모든 band에서 reflectance量

을 감소시킨다.⁽⁸⁾

초록, 적색 및 적외선에 해당되는 band들을 결합하여 만든 적외선 사진과 흡사한 영상(false color)을 관독에 이용한다. 이는 可視光 밖의 파장을 肉眼으로 판별하기 위해서 필요한 것이다.⁽⁹⁾ 흑백영상에서 gray tone에 의한, 또는 false color에 의한 영상들은 肉眼으로 즉각적인 관독의 단서가 될 수 있다. 그러나 MSS 자료는 일반적인 사진과는 달리, 電子方式에 의한 수치로 되어 있기 때문에 computer를 이용한 분석이 가능하고, 또 사람이 肉眼으로 관독하는 것보다 더 계량적이고 자동화된 분석이 가능하다.

1.3 計量的 方法에 의한 土地被覆상태의 分類

Landsat의 MSS에 측정되는 IFOV가 均質性의 피복상태로 되어 있을 경우, 예를 들면 水面이나 울창한 산림으로 되어 있을 때, 각 pixel은 그 피복상태의 독특한 spectral reflectance를 보여준다. 그러나 IFOV 內에 있는 피복상태가 여러가지로 혼합되어 있을 경우에는 각 reflectance의 平均值가 pixel에 기록된다. 이러한 복합적인 평균치에 영향을 주는 각 피복상태에 대한 특성을 판별하려고 여러 계량적인 방법이 사용되고 있다. 예를 들면 그림 1은 미국 Virginia주의 한 地域에 대한 Landsat band 5와 7의 자료로부터 계산된 spectral reflectance의 percentage를 나타낸다.⁽¹⁰⁾ 이들 두 개 band 자료들은 50개의 원으로 표시된 小區分(subclass)으로 각각 모여 있다. 小區分 11, 19, 23, 27, 31 및 45는 Band 5에서는 상당히 가까이 집합되어 있으나 Band 7에서는 약간의 변화를 보여 준다. 실제 野外調査에서 이들은 침엽수림으로 판명되어 이들은 동일하게 분류된다. 그러나 이들 同一區分에 속하는 침엽수라 할지라도 나무종류나 나무의 울창한 정도에 따라 spectral reflectance에 약간의 차이가 있는 것이다. 위의 50개의 小區分들은 8개의 區分으로 크게 분류될 수 있는데 이들은 거의 중복되어 나타나지 않고 있음을 보여 준다.

Landsat 자료로 computer를 이용한 피복상태 분류와 地圖化에는 대체로 두 가지 방법으로 나누어진다. 그 하나는 실제의 現地(training set)

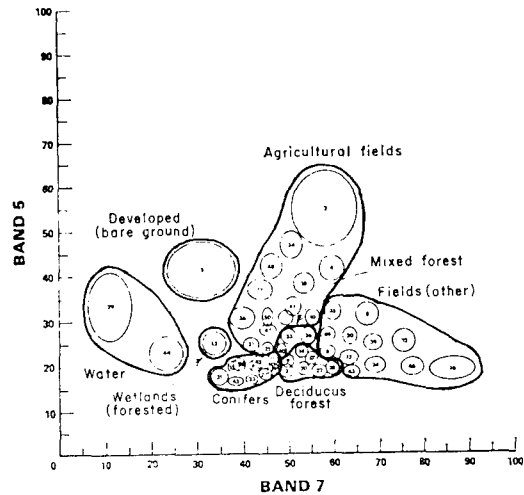


그림 1. Landsat MSS의 band 5와 7에 의해 계산된 spectral reflectance의 percentage. Unsupervised 분류방법 사용. 각 小區分의 중앙에 표시된 숫자는 산술평균을 나타내고, 각 원(경계선)은 표준편차 1.5의 분산도를 표시한다. (출처: 참고문헌10.)

상태를 이미 알고 그 地域의 MSS 자료를 계량적으로 분석한 결과를 실제와 대조하는 방법(supervised)이고, 다른 하나는 computer에 의한 분석에 의해서만 地圖化되는 방법(unsupervised)이다.⁽¹¹⁾ 그러나 이 과정에서 상당히 많은 량의 연구자의 참여가 필요하기 때문에 unsupervised란 말은 잘못 표현된 것이다.⁽¹²⁾

Landsat MSS 자료를 사용하여 被覆地域을 區分하고 地圖化하는 것은 통계적 계산 결과에 의해 作成한 것으로 전통적으로 행해지던 실제 調査에 의한 분류와는 다르다.⁽¹³⁾ 또 區分方法도 각 pixel의 특성분석에만 의존하기 때문에 地圖化에는 제한을 받는다.⁽¹⁴⁾ 많은 경우에는 조사 대상지역에 대한 기존하는 상당량의 자료가 있다. 예를 들면, 耕作形態 또는 나무의 種類와 특정 地形에서 나무의 成長관계 등에 관한 지식이다. 이러한 기초자료를 보조자료(Ancillary)로 하여 분석에 포함시켜서 피복상태 판별의 정확성을 높일 수도 있다. 한 산림지역 조사를 예로 들면, 보조자료를 사용한 결과 分類의 정확도를 68%에서 81%로 증가시켰다.⁽¹⁴⁾

3. Landsat 資料의 農業에의 응용

3.1 農作物 判별과 栽培地域 地圖化

Remote sensing의 농업에의 응용은 농작물을 관별하고 탐지할 수 있는 능력에 달려 있다. 농작물의 spectral 특성, 성장기간동안의 spectral 특성의 변화 pattern, 문화적 또는 환경적 차이에 따른 재배형태분석 등에 관심을 갖어 왔다.

건강한 植物 또는 農作物의 spectral reflectance는 서로 다른 作物間에도, 또 同一作物 中에도 큰 차이가 없다. 이는 식물잎의 엽록소의 光의 흡수와 또 세포벽에 의한 반사에 의한 특징이 이들 植物間에 거의 동일하기 때문이다. 일부 연구들은 다음과 같은 두 가지 사실에 관심을 갖었다. 즉, (1) 여러 농작물의 spectral 반응을 동시에 측정해서 조사하는 경우와, (2) 동일 작물을 여러날 동안 관찰하는 연구였다.⁽¹⁵⁾ North Dakota의 경우, 동시에 測定된 Landsat 자료에서 봄밀과 목초지 재배지역은 혼동되었으나 계속적으로 여러번 측정된 자료에서는 양자의 구분이 가능했다. 성장기간동안에 발생하는 여러 변화, 즉 형태, 크기 또 재배 밭고랑 사이의 간격과 이에 따라 상대적으로 노출되는 토양 등의 변화양상은 spectral reflectance에 변량을 초래하기 때문에 이의 장기간동안의 관측은 작물판단에 중요한 단서가 된다.⁽¹⁵⁾ 많은 작물들은 기계에 의해서 고랑을 따라 경작된다. 이들 각 재배고랑 사이에 노출된 토양은 작물의 초기에는 spectral reflectance의 많은 부분을 차지하고 작물이 차츰 자람에 따라 작물잎은 위로 또 옆으로 자라서 고랑사이의 토양을 가지게 되고 작물잎에 의한 반사량의 특징이 지배적이 된다. 그러나 성장초기 상당한 기간동안은 밭고랑사이의 토양의 반사량에 대한 영향은 크게 되는데, 이때 밭고랑의 방위각에 대한 태양의 상대적인 위치의 영향은 농작물의 성장속도를 과소 평가할 염려가 있다.⁽¹⁶⁾

종래에 Landsat 자료를 이용한 computer에 의한 분석이나 또는 사람이 직접 관별한 경우에 발생했던 오차들은 문화적, 환경적 영향에 기인

하는 경우가 많다.⁽¹⁷⁾ 이로 인해서 특정지역에서 행해지는 비료사용 형태, 또는 경작방법 등에 대한 정보가 필요하다. 이러한 환경적, 문화적 영향은 농작물의 성장특성과 농작물 잎에 의한 토양을 가리우는 정도(crop canopy) 등에 영향을 미쳐서 이들 모두 spectral reflectance에 변화를 주게 되기 때문이다.

위에서 언급된 바와 같이 농작물은 성장기간의 초기를 거쳐 성숙기와 수확기에 이르는 동안 spectral pattern의 연속적인 변화(temporal-spectral pattern) 양상은 각 작물마다 다르기 때문에 한 작물은 동일지역에서 재배되는 다른 작물과는 구분이 가능하다.

Temporal-spectral pattern 연구의 초기에는 일

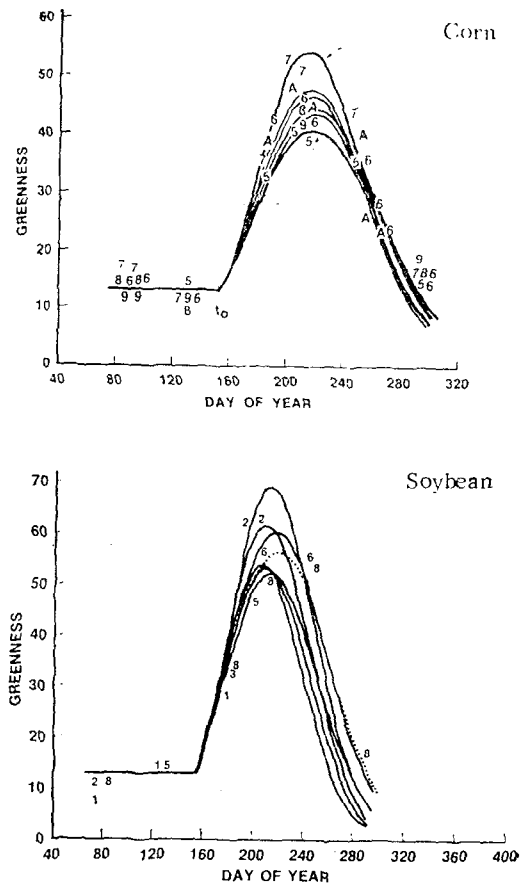


그림 2. Kauth-Thomas의 Greenness의 변화량. 곡선의 번호는 실험농경지를 표시함. (上) 옥수수, (下) 콩. (출처: 참고문헌 19, p. 59)

련의 Landsat 영상의 색채판독에 주로 의존하였다.⁽¹⁸⁾ 그러나 사진영상의 제작과정에서 생기는 차이점 등 때문에 영상판독 방법에는 많은 제한이 있었다. 1976년 Kauth와 Thomas의 연구는 계량적 방법을 도입시켰다(그림 2).⁽¹⁹⁾ 이들은 반고랑 사이의 노출되는 토양정도를 brightness index로 하고 또 농작물이 최대로 성장했을 때의 반사량을 greenness index로 사용하여 양자의 상관관계를 분석했다. Kauth와 Thomas의 greenness index 방법을 이용해서 밀경작지의 가뭄 상태를 탐지해서 밀 수확량 예측 및 기타 연구에도 응용되고 있다.⁽²⁰⁾

3.2 農耕地 調査와 地圖化

농경지조사에 이용된 Remote sensing의 전통적인 방법으로는 항공사진에 의한 판독을 흔히 사용했는데, 이에 많은 제한이 있다. 全國의으로 실시한다면, 또는 多毛作 농경지가 많은 지역인 경우 제절마다 광범위한 지역에 걸쳐 항공사진을 촬영하는 것은 많은 비용과 시간이 들었다. Landsat 자료는 이러한 조사에 중요한 도움을 줄 수 있다. 미국 California주를 예로 들면, California주는 미국에서 제일가는 농업지로 주정부의 1982년 추정에 의하면 1981년의 농산물 총 판매고는 139억 dollars에 달했을 것으로 추측되었다. 이 지역의 농경지 중 작물성장기간 동안 적어도 한 번은 관개용수가 필요한 농지는 약 9.9백만 Acres로 추정되었다. 농업생산에 절대적인 농업용수는 가까운 장래에 부족할 것으로 추측되어 관개 농경지 분포, 면적 등에 대해 최선의 정확한 자료가 필요했다. Landsat 자료와 現地에서의 자료에 의하여 County別, 水系別, 또 州 전체에 걸쳐 관개농경지 면적을 정확히 추정하려는 조사를 1979년에 시작했다.⁽²¹⁾ 조사의 제 1 단계는 지상표본 조사와 이들에 대한 Landsat 영상을 토대로 pattern과 색채에 근거를 두고 분석하였다. 제 2 단계는 제 1 단계보다 더 정확하게 관개농경지를 분류하는 일이었다. 이를 위해서 3가지의 작업이 현재 수행중에 있다. 즉(1) 일정기간동안 반복적으로 탐사된 Landsat 자료를 정확하게 위치를 서로 맞추는 작

업, (2) 관개농경지를 區分해 내는데 가장 효과적인 방법선택, 그리고 (3) 표본조사 방법의 평가 등이다. 여기에서 관개농지, 판별, 기술, 습득은 이들 농경지에서 재배되는 작물판별 및 지도화 작업으로 확대되었다.

3.3 농작물 판별 및 수확량 예측조사

정부가 농산물 가격 지원, 수출입 계획 또는 수출입 商談을 위해서는 국내 또는 외국의 농산물 재배 상황에 대한 최선의 자료가 필요하다. 특히 외국의 자료를 필요로 할 경우 현지에서의 조사가 불가능하므로 Landsat 자료 이용이 필요하다. 1974년에서 1977년에 걸쳐 미국에서 행한 Large Area Crop Inventory Experiment(LACIE)는 세계의 주요 농업지역에 대한 농작물 재배현황을 평가하는데 그때까지 미국이 개발해온 기술과 지식을 총 망라한 것이었다.⁽²²⁾ 그 당시 이미 이룩했던 기술혁신으로는 1) Multispectral scanners, 2) pattern recognition에 대한 기술, 3) 고속도 computer, 4) Landsat, 5) World Metrological Organization(WMO)에 의한 세계적 기상보고망 발달, 그리고 6) 기상조건을 곡물수확에 관련시킬 수 있는 model의 개발 등이었다. LACIE의 가장 중요한 목적은 가능한한 많은 주요 농작물 재배지의 상황을 알아낼 수 있는 기술의 평가였다. 이 실험의 목표에 정확도와 소요시간을 설정하였다. 즉 수확량 예측 정확도는 90%의 신뢰도에서 전국 실제 추정 생산량의 $\pm 10\%$ 이여야 하고, Landsat 자료를 수집한 후 14일 이내에 경작 면적에 관한 예측을 할 수 있어야 했다. 이 사업은 3단계에 걸쳐 시행되었다. 그 첫째는 1974년 미국 Central plain에 있는 9個州에서 농작물 판별조사 후 좋은 결과를 얻어, 둘째 단계에서는 소련과 캐나다로 조사지역을 확장하였다. 셋째 단계에서는 앞에서 개발된 기술을 이용하여 1977년 소련의 밀 수확량을 예측하였다. 이 연구는 그 후 인도, 중국, 호주, 아르헨티나 및 브라질 지역조사를 포함시켰다. 1977년에 소련의 밀 재배지역 및 수확량 예측에서 LACIE의 최종 예측량(91.4 MM-T)은 1978년 1월 소련이 공식적으로 발표한 내

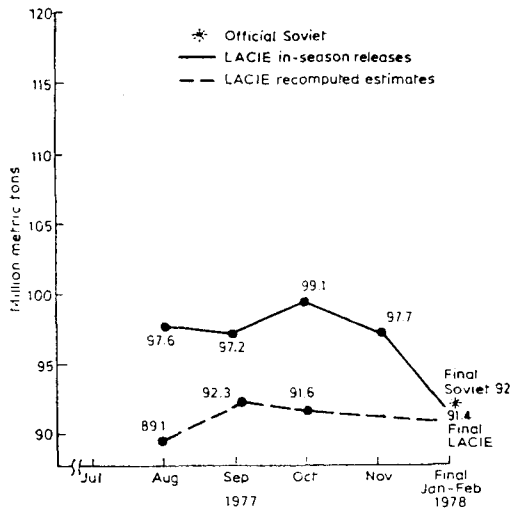


그림 3. LACIE에 의한 1977년 소련의 밀 수확량 예측. (출처 : 참고문헌 20. p. 82)

용(92 MMT)과는 불과 1%의 차이 미만이었고 (그림 3) LACIE가 목표로 설정한 시간을 능가하였다.⁽²²⁾

4. 전 망

1970년대 초부터 시작된 79m의 resolution을 갖는 Landsat MSS의 자료는 토지피복상태의 조사에 크게 공헌했다. 1980년대에는 Landsat 4에 의해 30m의 spatial resolution을 제공할 수 있게 됨에 따라 세계의 많은 지역에서 작은 면적단위로 농업이 행해지고 있는 지역을 조사 가능케 되었다. Landsat 4의 Thematic Mapper는 Landsat MSS 자료에서 판별이 어려워 남겨졌던 많은 문제를 해결하는데 도움이 될 것이고, Landsat MSS와 고공항공기에 의한 Remote Sensing의 중간적인 역할을 제공할 것이다.⁽²³⁾

Remote sensing 기술의 발전에 따라 막대한량의 정보가 수집, 누적되고 있는 한편, 기술자들과 사용자들 사이에 활발한 정보 교환이 필요하다. 사용자들을 大別하면 대학이나 기타 연구기관에 종사하는 사람들과 자원관리, 계획가들과 행정가들이다. 이들 후자들에게 보편적인 문제점은 1) 非寫眞方法에 의해 수집된 자료의 성

질과 특성이해, 2) 사용자가 Sensor 개발 기술자에게 어떠한 요구를 해야될 것인지에 관한 것들이다.⁽²⁴⁾ 이러한 문제들의 해결을 위해 사용자들의 훈련과 교육이 지금보다 더 광범위하게 이루어질 필요가 있다.

參考文獻

1. ASP, Manual of Remote Sensing, 2nd. ed., ASP, Falls Church, Virginia, 1983, pp.2111.
2. Seeyers, P.M. and Peterson, R.M., Introduction to Remote Sensing of Environment, Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa, 1978, pp. 259~270.
3. Campbell J.B., "Mapping the Land, Aerial Imagery for Land Use Information", Resource Publication in Geography, Association of American Geographers, 1983.
4. Short, N.M., The Landsat Tutorial Workbook, Basics of Satellite Remote Sensing, NASA Scientific and Technical Information Branch, Washington, D.C., 1982, p.28.
5. Short, N.M., *ibid.*, p.91.
6. Short, N.M., *ibid.*, p.93.
7. Haack, B.N., "An Analysis of Thematic Mapper Simulator Data for Urban Environments", Remote Sensing of Environment, Vol. 13, 1983, pp.265~275.
8. Seeyers, P.M. and Peterson, R.M., *ibid.*, pp.266.
9. Short, N.M., *ibid.*, pp.93~99.
10. Short, N.M., *ibid.*, p.85.
11. Tom, C.H. and Lee D.M., "An Automated Landuse Mapping Comparison of the Bayesian Maximum Likelihood and Linear Discriminant Analysis Algorithms", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, ASP, Vol. 50, 1984, pp.193~207.
12. Justice, C. and Jownsand, J., "A Comparison of Unsupervised Classification Procedures on Landsat MSS Data for an Area of Complex Surface Conditions in Basilicata", Remote Sensing of Environment, Vol. 12, 1982, pp.407~420.
13. Robinove, C.J., "The Logic of Multispectral Classification and Mapping of Land", Remote Sensing of Environment, Vol. 11, 1981, pp.231~244.
14. Richards, J.A., "A Means for Utilizing Ancillary Information in Multispectral Classification", Remote Sensing of Environment, Vol.12, 1982, pp.463~477.
15. Myers, *ibid.*, 1983, p.2154.

16. Suits, G.H., "Extension of a Uniform Canopy Reflectance Model to Include Row Effects", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 13, 1983, pp. 113~129.
17. Crist, E.P., "Effects of cultural and Environmental Factors on Corn and Soybean Spectral Development Patterns", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 14, 1984, pp. 3~13.
18. Odenweller, J.B. and Johnson, K.I., "Crop Identification Using Landsat Temporal-spectral Profiles", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 14, 1984, pp. 39~54.
19. Badhwar, G.D., Carnes, J.G. and Austin, W.W., "Use of Landsat-Derived Temporal Profiles for Corn-Soybean Feature Extraction and Classification", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 12, 1982, pp. 57~79.
20. Barnett, T.L. and Thompson, D.R., "Large Area Relation of Landsat MSS and NOAA-6 AVHRR Spectral Data to wheat Yields", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 13, 1983, pp. 277~290.
21. Wall, S.L., Thomas, R.W. and Brown, C.E., "Landsat-Based Inventory System for Agriculture in California", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 14, 1984, pp. 267~278.
22. Myers, *ibid.*, pp. 2200~2205; and Barrett, E.C. and Curtis, L.F., *Introduction to Environmental Remote Sensing*, 2nd Ed., Chapman & Hall, London, 1982, pp. 278~283.
23. Blanchard, W.A. and Frick, A., "Identification and Mapping of Riparian Woodlands from Simulated Thematic Mapper Data", *American Congress on Surveying and Mapping, Technical Paper*, Fall, 1982. pp. 50~61.
24. Barnett, T.L., *ibid.*, p. 307.