항공비디오와 Landsat-TM 자료를 이용한 지피의 분류와 평가

- 태안 해안국립공원을 사례로 -

서동조* · 박종화** · 조용현***

*서울대학교 대학원 협동과정 조경학 박사과정
**서울대학교 환경대학원 환경조경학과
***서울대학교 환경대학원 환경계획연구소

Land Cover Classification and Accuracy Assessment Using Aerial Videography and Landsat-TM Satellite Image

- A Case Study of Taean Seashore National Park -

Seo, Dong-Jo* · Park. Chong-Hwa** · Cho, Yong-Hyeon***

*Interdisciplinary Doctoral Program on Landscape Architecture, Graduate School, Seoul National University
**Dept. of Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University
***Environmental Planning Institute, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

ABSTRACT

Aerial videography techniques have been used to inventory vegetation conditions associated with grasslands, forests, and agricultural crop production. Most recently, aerial videography has been used to verify satellite image classifications as part of the natural ecosystem survey.

The objectives of this study were: (1)to use aerial video images of the study area, oae part of Taean Seashore National Park, for the accuracy assessment, and (2)to determine the suitability of aerial videography as an accuracy assessment, of the land cover classification with Landsat-TM data.

Video images were collected twice, summer and winter seasons, and divided into two kinds of images, wide angle and narrow angle images. Accuracy assessment methods include the calculation of the error matrix, the overall accuracy and kappa coefficient of agreement.

This study indicates that aerial videography is an effective tool for accuracy assessment of the satellite image classifications of which features are relatively large and continuous. And it would be possible to overcome the limits of the present natural ecosystem survey method.

Key Words : aerial videography, land cover classification, Taean Seashore National Park

I. 서론

국토의 자연환경을 체계적으로 관리하기 위하여 제2차 전국자연환경기초조사(환경부 주관, 1997~2001년 예정)가 이루어지고 있다(환경부, 1998a). 이러한 자연환경자료의 수집과 분석에 위성영상자료가 효과적으로 활용될 수 있다. 광범위한 지역의 토지피복과 식생 활력도를 파악하는데 유용할 뿐만 아니라 시간의 흐름에 따른 변화파악이 가능하기 때문이다. 그러나 영상자료의 해상도와 지피분류의 검증 등에 대해 주의를 기울여야 한다. 상세한 지피분류를 위하여 고해상도 영상자료를 사용할 경우 분석 · 관리하여야 할 자료의 양이 급격하게 증가하게 되고, 저해상도 영상자료를 사용할 경우 원하는 정보의 질을 유지하기가 어렵기 때문이다. 또한 분류 결과를 검증하는 데에는 시간과 비용에 대한 제약이 따른다.

항공비디오 기법은 위와 같은 문제에 대안을 제시해 주고 있다(Mausel *et al.*, 1992; Johnstone and Bonde, 1997). 항공기에 디지털 비디오 카메라를 탑재하고 지표에 근접하여 촬영하는 것이므로 고해상도의 상세한 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 또한 수치형태의 영상으로 저장할 수 있으며, 칼라 영상이므로 항공사진 보다 많은 정보를 담고 있다. 이외에 비행경로를 따라 촬영하는 것이므로 선형대상 주변의 자료수집에 유리한 장점이 있지만, 넓은 영역에 걸쳐 분포하는 대상에 대한 자료수집은 상대적으로 많은 시간과 비용이 필요한 단점도 있다. 따라서 광범위한 지역에 대해서는 위성영상자료를 활용하고, 이에 대한 분류와 해석의 검증은 항공비디오를 활용하는 방안이 제시되고 있다. 생태적으로 중요한 지역에 대해서는 주요지점을 통과하는 비행노선을 설정하여 자료를 수집한 뒤, 이를 검증수단으로 사용하는 것이다.

항공비디오 기법은 미국의 경우 GAP(Gap Analysis Program)에 적용하고 있다(McNulty, 1999). 미국 산림청(U. S. Forest Service)의 경우 삼림병충해와 삼림자원 관리를 위하여 응용하고 있다(Myhre, 1994; Hoffer and Linden, 1997). 또한 서식지의 유형분류와 어류분포를 파악하거나(Hardy, 1995). 종다양성을 결정하고 야생동물의 보호정책에 따른 우선 순위를 결정하기 위한 목적으로 활용되고 있다(McNulty, 1999). 멸종위기종인 조류(Vireo atricapillus)의 서식처를 파악하기 위하여 Landsat-TM 영상으로부터 조류의 서식과 관련된 식생을 분류하고, 그 결과를 검증하기 위하여 항공비디오 자료를 활용하고 있다(Rowell, 1997). 캐나다 브리티시 컬럼비아 주의 경우에는 하천 및 해안 주변의 생태자원관리와 생태지도 작성, 해변구조분석, 기름유출추적, 사면안정성 분석 등의 시나리오를 작성하여 활용하고 있다(Harper and Reimer, 1995).

이상의 사례를 종합해 보면, 위성영상자료의 분류정확도를 검증하기 위하여 항공비디오 자료를 참조자료(reference data)로 사용하고 있음을 알 수 있다. 위성영상자료의 분류 시 발생하는 오차는 주로 픽셀 혼합효과, 위성영상자료의 부정확성, 위성영상자료의 수집시기와 참조자료의 수집시기 간의 차이로 인한 토지피복의 변화 등에 기인한다. 이러한 오차를 줄이고 정확한 분류평가를 하기 위하여 항공비디오 자료가 참조자료로 사용되고 있다. 이러한 배경에서 연구의 목적은 항공비디오 자료를 사용하여 저해상도 위성영상자료의 토지피복 정확도를 검증하고, 그 활용 가능성을 파악하는 것이다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 연구의 과정 및 내용

이 연구는 자연환경자료의 조사 및 분석에 있어 토지피복 분류의 정확도를 향상시키고 분류 결과의 검증

을 수행하기 위한 것으로 다음 3단계로 구분하여 수행하였다.

첫째, 연구 대상지의 선정과 자료의 수집이다. 토지피복 분류를 위한 대상지를 선정하고, 이에 대한 자료로서 지형도, 위성영상자료, 항공비디오 자료를 수집하였다. 둘째,위성영상자료를 사용하여 대상지의 토지피복분류를 수행하였다. 이 때 감독분류와 무감독분류의 혼성기법을 사용하여 분류하였다. 셋째, 분류결과의 정확도를 검증하고 평가하기 위하여, 항공비디오 자료를 참조자료로 사용하였다. 그리고 항공비디오 자료의 수집과 해석에 따른 활용가능성을 파악하였다.

2. 연구 대상지의 선정

연구 대상지역은 1997년부터 전국 자연환경 기초조사가 이루어지고 있는 곳으로 해안국립공원 지역인 충청남도 태안군 일부를 대상으로 하였다. 이 지역은 개발밀도가 낮으며 식생, 특히 침엽수림이 대부분을 차지하고 있다. 비교적 토지피복이 균일하여 위성영상자료의 해상도에 비해 복잡하지 않기 때문에 픽셀의 혼합효과를 줄일 수 있는 지역기도 하다. Figure 1이 연구대상지역의 위성영상자료이다.

이 지역의 가장 큰 특징은 가로림만의 간석지와 잘 발달되어 있는 신두리의 해안사구이다. 그러나 해안퇴적지형의 대표적인 유형인 간석지가 최근 서해안 개발계획에 의하여 대단위 공장 및 경지로 이용되고 있어 그 면적이 급격히 감소하고 있다(환경부, 1998b). 이러한 간석지 매립은 해안생태계 전반에 걸쳐 영향을 미치고 있어 갯벌보호 대책이 시급하다.

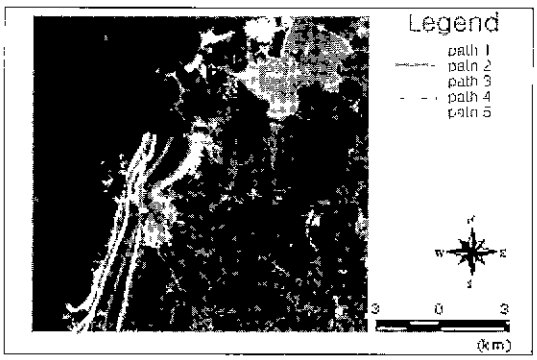


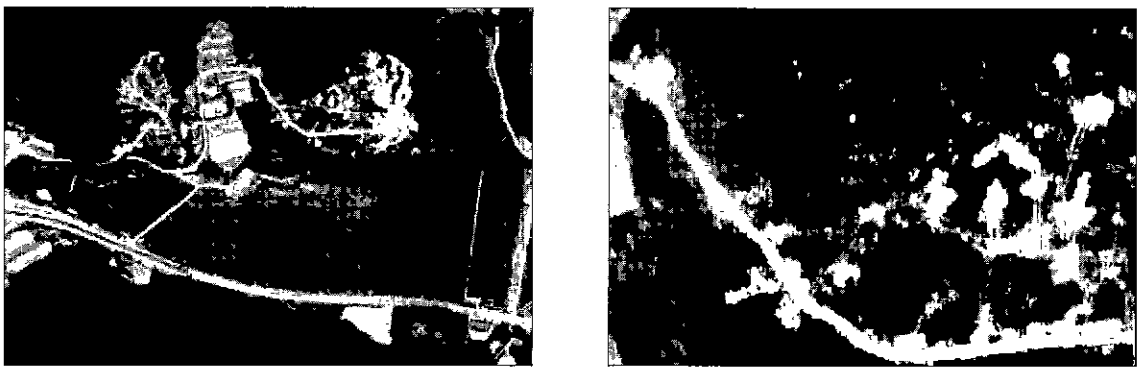
Figure 1. Location of the study area and the flight paths(Landset-TM image Sep. 1, 1996)

3. 자료수집의 내용 및 방법

자료수집은 위성영상자료와 항공비디오 자료로 구분

Table 1. Acquisition method of the aerial videography

	Description	
Acquisition Date	Dec. 3, 1998	Jun. 30, 1999
Flight Height	2,500ft/3,500ft	2,800ft/3,300ft
Flight Speed	120 knots	110 knots
Imaging Time	approx. 1hr. 6min	approx. 42min.
Aircraft Model	Cessna Caravan C-208	
Camera Equipments	Digital Video Camera, SONY DCR-VX1000 Aerial Camera, WILD RC-30	
Frame Grabber	Radius Photo-DV	



(a) a wide angle image (coverage 750m x 560m, flight height 2,800ft) (b) a narrow angle image (coverage 150m x 120m, flight height: 2,800ft)

Figure 2. A comparison of videoimages between wide and narrow angle

할 수 있다. 위성영상자료는 1996년 9월 1일 수집된 Landsat-TM 영상자료(path:116, row: 34)를 사용하였다. 연구대상지역의 규모는 해상도가 30m인 Landsat-TM자료로 1,226 행 x 1,341 열이다.

항공비디오 자료의 수집은 Table 1과 같다. 항공기는 10인승 Cessna Caravan C-208을 사용하였으며, 식생의 정확한 분류를 위하여 여름과 겨울의 2회에 걸쳐 촬영이 이루어졌다. 1차 수집에서는 1대의 카메라를 사용하여 비행방향으로 약 250m의 폭으로 촬영되었다. 2차 수집에서는 2대의 카메라를 사용하였다. Figure 2와 같이 1대의 카메라는 광각으로 설정되어 약 750m의 폭으로, 다른 1대는 확대되어 약 150m의 폭으로 촬영되었다. 비행고도는 2,500ft와 3,500ft 사이에서, 항공속도는 110에서 120노트로 유지되었다. 촬영에 사용된 디지털 비디오 카메라는 Sony DCR-VX1000으로 지표면에 수직으로 장착되었고, 6mm의 테입에 기록되었다. 비디오 카메라가 항공기 내부에 장착되었기 때문에 촬영과정에서 발생하는 여러 상황 - 초점, 셔터속도, 밝기 등의 조절 -에 대응할 수 있었다. 이 외에 정확한 시간과 위치를 입력하기 위하여 GPS(Global Positioning System) 수신기와 시간코드생성기를 함께 사용하는 방안이 계획되었으나 시도되지 못하였다.

4. 자료의 처리

자료처리 과정은 다음과 같다. 위성영상자료로부터 대상지역을 추출한 뒤, 대기보정 및 지리보정 등의 전처리 과정을 수행하였다.

다음으로 ISODATA의 무감독분류를 시행하였다. Landsat-TM의 7개 밴드 중 6번 밴드를 제외한 나머지 6개의 밴드를 사용하였으며, 50개의 항목으로 분류하였다. 이 때 분류 계산의 반복횟수는 23회, 수렴되는 백분율은 99.01%가 되었다. 항공비디오의 1차 수집에서 함께 촬영한 항공사진, 임상도 등의 자료와 2회에 걸쳐 수집한 항공비디오 자료를 사용하여 감독분류를 시행하였으며, Table 2와 같이 9개의 항목으로 구분하였다.

Table 2 Land cover classes for this study

	Landcover		
Land	Vegetation	Forest	Deciduous
			Conifer
			Mixture
		Non Forest	Grass/ Shrub
			Agricultural area
			Wet land
	Non Vegetation	Bare soil/ sand	
		Built up area	
Water	Water bodies		

분류 정확도의 평가는 분류오차표(error matrix)의 계산을 통한 총분류정확도(overall accuracy)와 kappa 계수값(KHAT)으로 평가되었다. 총분류정확도의 값은 계산과 이해가 용이하여 주로 사용되는 것으로, 분류오차표에서 대각요소의 합에 대한 전체 참조자료와의 백분율로 표현된다. 이때 대각요소의 값들은 각각의 지피항목에 대해 정확히 분류된 참조자료의 수이다. 반면 kappa 계수값은 대각요소 뿐만 아니라 모든 행렬요소를 대상으로 하는 것이기 때문에, 총분류정확도보다 분류정확도에 대한 신뢰도가 높다(Hudson, 1987). 이 계수값은 다음의 식으로 표현된다.

$$KHAT = \frac{N\sum_{i=1}^{r} X_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(X_{i+} * X_{+i})}$$

이 때 r은 분류오차표에서 행의 수이며, Xii는 행 i와 열 i에서의 값이다. Xi+와 X+i는 각 각 행 i와 열 i에서의 한계합(marginal totals)이고, N은 참조자료의 전체 개수이다 (Rosenfield and Fitzpatrick-Lins, 1986; Hudson and Ramm, 1987; Congalton, 1991; Macleod and Congalton, 1998). Kappa 계수값이 0.8~1.0일 경우 분류가 최고로 잘 되었음을 의미하며, 0.6~0.8일 경우 매우 잘된 것임을, 0.4~0.6이면 잘된 것으로 평가된다. 또한 0.2~0.4일 경우 합당하고, 0.0~0.2는 불충분하며 0.0 이하일 경우에는 아주 나쁜 것을 의미한다(Ortiz et al, 1997). 분류 정확도의 평가를 위하여 항공비디오 자료가 참조자료로 사용되었다.

이와 같은 과정의 자료처리를 위하여 ER-Mapper v.5.5의 원격탐사 소프트웨어를, 디지털 비디오 카메라로부터 항공비디오 자료를 추출하기 위하여 Radius Photo-DV 소프트웨어를 사용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

Figure 3은 Landsat-TM 영상의 분류 결과이다. 무감독 분류를 수행한 뒤, 항공사진, 임상도, 현지조사를 통하여 수집한 자료를 사용하여 감독분류하였다. Figure 4는 분류 정확도를 평가하기 위하여 참조자료를 샘플링한 위치를 나타낸 것이다. 다음으로 Landsat-TM 영상의 분류결과와 항공비디오 자료의 비교를 통해 Table 3과 같은 분류오차표를 계산하였다. 분류오차표에서 세로방향은 항공비디오 자료 즉, 참조자료에 대한 분류정확도(생산자 정확도)를 의미하는 것이고, 가로방향은 Landsat-TM 영상의 분류정확도(사용자 정확도)를 의미한다. 이 분류오차표를 사용하여 위성영상자료의 분류결과를 평가한 결과는 다음과 같다. 총분류정확도는 56.75% 이고 kappa 계수값은 0.505이다. 총분류정확도는 60% 보다도 낮아 수용하기에는 어려운 점이 있으나, kappa 계수값의 경우를 보면 잘된 것임을 알 수 있다. 또한, 지피 군집의 크기가 상대적으로 크고 동질적이며 연속적인 것에 대해서는 분류정확도가 높게 나타났다. 이들은 주로 습지, 수역, 침엽수 등으로 생산자 정확도가 각 각 71.4%, 88.2%, 81.6%이다. 면적이 작다고는 할 수 없으나 구성요소가 다양하고 복잡하며, 불연속적인 초지지역과 농경지, 활엽수 등에 대해서는 분류 정확도가 매우 낮게 나타났다. 건폐지와 노출된 토양의 반사특성은 서로 유사하기 때문에 건폐지의 경우 제대로 분류된 것은 전체 61개 중의 약 62%인 38개이고, 17개가 토양으로 잘못 분류되었다. 초지의 경우는 전체 34개중의 38.2%인 13개만이 제대로 분류되었고, 위치에 따라 침엽수(6개), 토양(6개) 등으로 잘못 분류되었다. 활엽수 또한 초지와 유사한 반사 값을 지니고 있어 이 두 요소간에 분류의 오류가 발생하고 있다. 활엽수의 경우 전체 41개중 23개가 제대로 분류되었고, 10개는 초지로 잘못 분류되었다. 이는 Landsat-TM 영상이 지니고 있는 낮은 공간 해상도의 한계와 픽셀의 혼합효과에 따른 특성을 잘 나타내주고 있는 것이다.

Table 3 The error matrix for the assessment of agreement and disagreement between the Landset-TM image and the aerial videoimages

	Wet land	Water	Deciduous	Gross/Shrub	Conifer	Built up	Bare soil	Agri area	Total	Accuracy(%)
Wet land	25	1	0	0	0	0	7	0	3.3	75.8
Water	6	30	1	3	3	0	1	0	44	68.2
Deciduous	0	0	23	2	2	2	0	24	53	43.3
Gross/Shrub	0	0	10	13	2	2	1	8	36	36.1
Conifer	0	2	3	6	40	2	4	6	63	63.5
Built up	0	0	1	3	1	38	10	15	68	55 8
Bare soil	4	1	2	6	0	17	29	10	69	42.0
Agri area	0	0	1	1	1	0	1	30	34	88.2
Total	35	31	41	34	49	61	53	93	400	
Accuracy(%)	71.4	88.2	56.1	38.2	81.6	62.3	54 7	33.2		

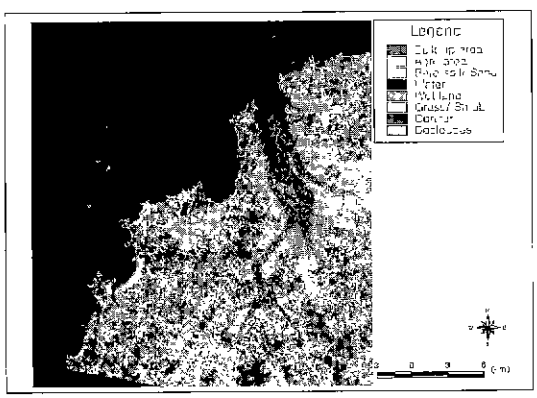


Figure 3. The result of image classification

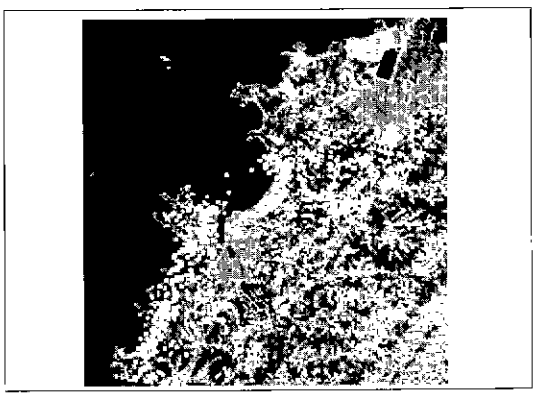


Figure 4. Reference data for the accuracy assessment

Ⅳ. 결론 및 제언

Landsat-TM 자료의 분류검증을 위하여 항공비디오 자료를 참조자료로 사용함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. Landsat-TM 영상자료의 해상도보다 크고 동질적인 토지피복의 경우에는 위성영상의 분류가 항공비디오의 해석결과와 대부분 일치하고 있었다. 이는 높은 해상도의 항공비디오가 낮은 해상도의 Landsat-TM 영상의 분류 정확도를 검증하는데 유용한 것임을 설명해주는 것이다. 위성영상자료의 해상도보다 작아 픽셀의 혼합효과가 발생하는 경우에는 항공비디오 자료의 해석결과와 다르게 나타남을 알 수 있었다. 픽셀의 혼합효과에 영향을 미치는 요소들을 파악할 경우 고해상도의 참조자료를 사용하여 저해상도 자료의 분류정확도를 향상시키는 것이 가능할 것이다. 이상과 같이 항공비디오 자료를 사용하여 Landsat-TM 영상의 분류결과를 평가함으로써 이 두 자료간의 관계를 파악하고, 분류 정확도 평가에 대한 항공비디오 자료의 유용성을 밝힐 수 있었다.

이 연구를 통하여 앞으로 보완하여야 할 사항은 다음과 같다. 첫째, 항공비디오의 수집시기에 관한 것이다. 참조자료로서 높은 신뢰도를 지니기 위해서는 특정시기나 계절에 한정되지 않고 다양하게 수집되어야한다. 계절변화에 따른 내용을 파악할 수 있을 때 토지피복의 특성을 보다 쉽게 파악할 수 있기 때문이다. 개화시기, 계절에 의한 식생변화는 피복분류에 중요한 단서를 제공해 줄 것이다. 둘째, 항공비디오의 촬영이 가시광선 영역뿐만 아니라 근적외선 영역에 대해서도 이루어져야 한다. 특히 식생분류를 위해서는 엽록소에 반응하는 근적외선 영역의 정보가 필요하다. 식생의 활력도 파악이나 개체구분 등을 위한 상세한 정보를 제공해주기 때문이다. 셋째, 항공비디오 자료의 정교한 정합방법과 위성영상자료의 픽셀 혼합효과를 보정하는 방안이 마련되어야 한다. 이를 통하여 자료의 신뢰도와 활용이 증가될 것이기 때문이다.

인용문헌

1 환경부(1998a) 제 2차 전국자연환경기초조사지침.

2. _____ (1998b) 제 2차 전국자연환경조사보고서(1997년도 제1차년도). 충청도 해안지역의 자연환경

3. Congalton, R G (1991) A review of assessing the accuracy of classifications of remotely densed data. Remote Sensings of Environment 37: 35-46

4 Hardy, T B. and J. A. Shoemaker(1995) Use of multispectral videography for spatial extrapolation of fisheries habitat use in the Comal River. Proceedings of the 15th biennial workshop on videography & color aerial photography in resource assessment 134-142

5 Harper, J R. and P. D. Reimer(1995) Review of the aerial video survey techniques and recommendations of survey standards http.//www.for.gov.bc ca/ric

6. Hoffer, R. M. and D. S. Linden(1997) Automated digital mosaicking of airborne video data for forestry applications Proceedings of 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition 4 323-330.

7. Hudson, W D and C. W Ramm(1987) Correct formulation of the kappa coefficeient of agreement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 53(4). 421-422.

8 Johnstone, C A and J. Bonde(1997) Development of a GPS-linked airborne video system for the construction of georeferenced GIS database. Proceedings of 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition 4: 313-322.

9. Macleod, R D and R. G. Congalton(1998) A Quantitative comparison of change-detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 64(3). pp.207-216.

10. Mausel, P. W., J. H Everitt, D E. Escobar, and D. J. King(1992) Airborne videography. current status and future perspectives Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 58: 1189-1195.

11 McNulty, S (1999) Aerial Videography, Fish and Wildlife Information Exchange http.//fwie fw.vt.edu /www/video

12. Myhre, R. J.(1994) A color airborne video system developed within the U. S. Forest Service, Proceedings of the 14th biennial workshop on color aerial photography and videography for resource monitoring 9-18.

13. Ortiz, M. J., A. R Formaggio, and J C. N. Epiphanio(1997) Classification of crop lands through integratrion of remote sensing. GIS, and historical database. International Journal of Remote Sensing 18(1): 95-105

14. Rosenfield, G H, and K. Fitzpatrick-Lins(1986) A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 52(2). 223-227

15. Rowell, G, J. Maresh, S. Perry and A. Hays(1997) Application of aerial videography for habitat analysis: a case study of the balck-capped vireo in central Texas. Proceedings of 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition 4: 302-312