한국측지학회지, 제 11 권, 제 1 호, pp.55~60(1993년 6월 30일)

Landsat TM 資料를 利用한 林種區分에 관한 硏究
A Study on the Classification of Forest by Landsat TM Data

최승필* · 홍성태** · 박재훈***
Choi, Seung-Pil, Hong, Seong-Tae and Park, Jae-Hoon

要 旨

자연 생태계의 일부분으로 발생한 삼림은 공기를 맑게하고 수자원을 보존하며, 번식과 멸종의 방지, 휴식공간 제공 그리고 인간생활 환경을 형성하고 보존시키는 역할을 수행한다.

본 연구에서 원격탐사 자료를 이용하여 삼림식생을 분류한 것은 침엽수, 활엽수, 농경지 및 초지, 물의 네가지로 삼림식생정보를 분류하였다.

TM 수치영상을 컴퓨터를 이용하여 분류할 경우, 물지역의 특성 값은 제 4밴드에서 7-13 D.N으로 나타났다. 그러나 침엽수, 활엽수, 농경지 및 초지는 모두 비슷한 특성 값이 나타나므로 화상처리를 해야 했다. 화상처리를 제 2밴드와 제 3밴드를 합성한 영상을 비연산처리한 결과, 제 3밴드로부터 활엽수 지역은 72-91의 D.N으로 나타나고, 제 1밴드에서의 침엽수 지역은 118~136, 제 3밴드에서의 농경지 및 초지는 96-120의 D.N에서 일치하였다. 또한 최대 우도법으로 분류한 결과와 TM 수치영상의 현지답사에 대한 비교오차를 구한 결과 침엽수, 활엽수, 농경지와 초지 및 물에서 각각 −7.43%, +1.89%, +7.58%, −2.04%의 분류 정확도를 얻었다.

결론적으로 이 결과는 원격탐사 자료를 이용한 삼림식생분류가 매우 유용한 것임이 입증되었다.

ABSTRACT

Forest occupied a part of natural ecosystem carries out a role of purifying air, preserving water resource, prevention of the breeding and extermination, recreation areas and etc that preserve and forme one's living environment.

In this study, the classification for management of this forest is performed with Landsat TM Image. The classes are decided needle-leaf trees, broad-leaf trees, farming land and grass land, and water.

When the TM digital images are classified on computer, water is represented in 7~13 D.N. of 4th band. But the others is appeared similar mostly specific values so that must be done image processing. When the images compounded 2ed band and 3ed band are processed with ratio of enhancement. Needle-leaf treas is represented in 118~136 D.N. of 1st band, broad-leaf trees in 72~91 D.N. of 3ed band, farm land and glass land in 96~120 of 3ed band.

Forest Information is classifid with M.L.C, an image classification method. The errors of needle-leaf trees, broad-leaf trees, farm land and grass land, and water are appeared each −7.43, +1.89, +7.58 and −2.04 as compared the digital image with investigation on the scene.

Finally, these results are useful for classification of forest vegetation with Landsat TM Image.

1. 序 論

위성자료는 廣域性, 反復性, 자료처리의 容易性 등을 가지는 특성이 있고, 앞으로 그의 특성을 살려서, 삼림의 식생에 관해서 더욱 상세한 정보를 얻는 것이 필요하다.

우리나라는 전체면적의 약 70%가 삼림으로 덮혀 있다. 삼림은 우리 인간의 활동공간인 자연생태계의 일원으로 인간의 생활환경을 保全, 形成하는 역할 즉

*관동대학교 토목공학과 교수
**강원대학교 대학원
***강원대학교 산업대학원

Table 1. Influence by leaf of structure and component

波長域(μm)	잎의 구조와 성분에 따른 影響
0.5 ~0.75	葉綠素 a, b Carotine, Xantophyll 등과 같은 色素들에 의한 吸收
0.75~1.35	잎의 內部構造의 영향에 依한 높은 反射度와 낮은 吸收率
1.35~2.5	內部構造와 섬유질(tissue)內의 水分 含量에 따른 變化

大氣淨化, 氣象의 원활화, 騷音防止, 水資原保護, 防提, 休養 등 기타 수많은 有無形의 공익적 기능을 수행하고 있다.[2] 그러나 최근 급격한 도시화와 산업화에 따른 대기오염이 深刻해지고 있다. 이런 추세에서 삼림관리는 다른 어느 때 보다도 중요함을 인식하게 된다. 특히 예상치 않은 솔잎혹파리의 극성과 병충해, 산사태 그리고 대기오염에 의한 산성비의 삼림피해 등에 대한 효과적인 삼림관리가 요청된다. 이러한 관리를 위해서는 임종의 구분이 무엇보다 선결되어야 할 과제이다. 따라서 Landsat TM 이미지의 광역성을 충분히 활용하여 임종을 구분할 수 있는 방법을 모색하고자 한다.

2. 植生의 分光特性

여러가지 地表面의 특징을 판별할 때, 삼림식생은 우리에게 一種의 정보를 제공하고 있다.

① 氣候 : 氣溫, 강수량, 일조, 바람 등
② 地形 : 形態, 規模, 分布, 配列 등
③ 土壤 : 지질, 비옥도, 組成, 水分 등
④ 生物 : 기타 生物의 影響
⑤ 人爲 : 生活形態, 社會條件, 歷史 등

이것들의 여러가지 요인이, 각각 관계한 합을 가지면서 특징적인 식생의 삼림을 이루고 있다. 이같은 것으로부터, 우리는 거기에 分布하는 各各의 植生에 관한 여러가지 情報를 얻는 것이 可能하다.

식생의 조사의 종류에는 여러가지가 있지만, 本研究에서는 針葉樹, 闊葉樹, 農耕地 및 草地의 네가지이다. 樹木의 分類는 樹種마다 가지고 있는 분광특성이 계절이나 환경의 차이에 의해서 생기는 생리적 반응의 差異를 分光方射輝度(Brightness of Spectral Radiation)의 程度로서 위성의 감지기가 포착한다. 그러나 山岳地域으로부터 얻어진 원격 탐사 자료에는 ① 地被對象物固有의 方射輝度 ② 地形效果의 영향을 받은 지피대상물의 方射輝度 ③ 大氣의 散亂光에 依한 方射輝度에 대한 세가지 成分이 포함되어 있다.

森林을 대상으로 해석할 때, 평지림의 境遇는 ②의 成分을 考慮하지 않아도 좋지만, 起伏이 있는 山岳林의 境遇는 이것을 無視할 수 없다. 斜面法線과 태양고도에 의존하는 휘도의 차이는 의외로 크기 때문에 起伏이 있는 地域의 영상자료에서는 음(-)의 部分이 많아 判讀이 困難하게 된다.[3]

植物은 大部分의 境遇 잎, 줄기, 뿌리로 크게 나누어진다. 이 가운데에서 감지기에 依해 감지되고 또한 우리에게 有用한 자료는 植物의 잎으로부터 얻어진 것이다. 따라서 식물의 여러 部分中 잎의 構造와 成分에 對해 알아보는 것이 植物의 분광특성을 이해하는데 重要하다.

植物에 있어서 빛의 반사와 투과의 特性은 主로 細胞壁에 存在하는 공극에서의 可視光線의 반사를 基礎로 說明되어질 수 있다.[13] 반사는 이러한 공기 공간의 數가 증가함에 따라 增加하는 데, 이것은 擴散된 빛이 높은 굴절율을 지니는 水化物 細胞壁(Hydrated Cell Well)에서 낮은 屈折率을 지니는 細胞間 공극으로 더 많이 透過되기 때문이다.

이와 같이 식물은 그 잎의 構造에 의해 분광특성을 지닐 뿐 아니라 그 構成要素에 依해서도 影響을 받게 된다. Table 1은 잎의 構造와 成分에 따른 影響을 나타낸 것이다.

植物被服狀態의 다양한 요소들과 각 식물종류의 獨特한 特性은 反射된 에너지의 反應에 影響을 끼친다.

森林 피복상태와 다양성에 관해서는 위치, 연령, 생장력, 上層部의 형태와 密度, 잡목 종류, 形態와 밀도내에서 支配的인 種類의 密度項目을 說明한다. 만약 특별한 위치내에서의 나무의 밀도가 희박하다면, 分散된 나무들 사이의 틈은 잡목의 種類 또는 밑에 있는 풀, 雜木으로부터의 反射가 分光信號에 混合되는 것을 許容하게 된다.[6]

3. 森林植生의 分類

3.1 森林植生 分類를 爲한 分析 技術

森林植生 分類를 위한 분석기법에는 삼림정보를 어떻게 어디서 얻느냐에 따라 다음과 같이 4가지로 區分할 수 있다.[12)]

(1) 圖面 利用法
(2) 航空寫眞 利用法
(3) 現地踏査法
(4) 人工衛星 映像 利用法

첫번째 方法인 圖面 利用法은 모든 삼림정보를 도면상에서 얻는 방법이다. 이 방법은 森林情報를 값싸게 또 쉽게 얻을 수 있다는 長點을 갖고 있다. 그러나 이 방법의 短點은 현재의 정보를 필요에 따라 얻을 수 없다는 것이다. 이는 圖面을 정보의 변화에 따라 쉽게 修正하기에는 여러가지 어려운 問題가 있기 때문이다.

두번째 方法인 항공사진 이용법은 현재로서는 가장 正確한 情報를 얻는 方法이라고 할 수 있다. 특히, 낮은 高度에서 撮影한 航空寫眞은 아주 훌륭한 삼림정보 資料라고 할 수 있다. 그러나 이 方法은 森林情報를 얻는데 費用이 너무 많이 든다는 短點이 있다.

세번째 방법인 現地踏査法은 말 그대로 현지답사를 통해서 삼림식생정보를 얻는 방법이다. 이 방법은 사람이 일일이 踏査調査 함으로써 森林植生을 분류하기 때문에 정확한 分類를 할 수 있는 長點을 가지고 있다. 그러나 이 方法은 시간 및 비용과 인원이 많이 필요함으로 經濟性이 없다. 이 때문에 넓은 지역을 分類하기가 어렵고, 또한 反復해서 森林情報를 얻지 못하는 短點을 가지고 있다. 마지막으로 人工衛星 映像 이용법은 삼림정보를 인공위성을 利用하여 얻는 것으로 本 硏究에서는 여러 衛星情報中에서 Landsat TM 영상 資料를 利用하여 實驗하였다.

地球資源探測衛星 映像情報는 다음과 같은 네가지 形態로 受信되어 提供되어 진다.

(1) CCT(COMPUTER COMPATIBLE TAPE)
(2) F.D.(FLOPPY DISK)
(3) 寫眞映像
(4) PAPER IMAGE

따라서 森林情報를 人工衛星 情報로 분석하는데 있어서 두가지 選擇權이 주어진다. 數値映像法과 光學映像法이다. 수치영상법은 探測器와 관련된 結果에 기초하여 종류별 分類를 위한 數學的, 統計學的 演算方式을 개발하는 것을 포함한다. 광학영상법 解析은 계산이 인간의 머리속에서 행해진다는 것만 제외하고는 동일한 것이다. 다만 해석자들은 개별적이고 전체적인 반사율 정도를 기초로 해서 波長別 탐측대를 구분시켜야 하는 문제를 갖게 된다.

본 연구에서는 Landsat TM 수치영상을 통하여 삼림식생정보를 추출하는 방법을 제시하고, 현지답사에 의한 결과와 相互 比較하여 최종적으로 Landsat TM 수치영상자료의 效用性을 입증하고자 하였다.

3.2 植生 分類의 現地踏査法

현지 지형도와 GPS 장비를 이용하여 현장을 실제 답사함으로써 삼림식생분류를 실시하는 방법이다. 이 방법은 어려운 점이 대단히 많다. 많은 시간과 비용 그리고 인원이 소요된다. 이 때문에 이 방법은 大規模的인 삼림정보추출은 불가능하고, 국부적인 지역만이 가능하다. 이 방법에서 GPS 장비는 삼림속에서 方向을 잃지 않고 작업을 하는데 대단히 有用하다.

3.3 地球資源探測衛星 數値映像에 의한 分類

컴퓨터를 이용한 수치영상해석은 다음과 같은 단계를 가진다. (1) 분류항목의 결정, (2) Training Field의 선정, (3) 화상강조처리, (4) 화상의 분류 및 결과정리이다. 원격탐사 자료를 이용하여 수치영상해석을 하고 그로부터 삼림식생을 분류하려면 첫째, 필요한 分類項目에 따라, 침엽수, 활엽수, 농경지와 초지를 선정해야 하는데, Landsat TM의 해상력은 30 m×30 m이므로 본 연구에서는 분류항목을 침엽수, 활엽수, 농경지와 초지 및 물의 네가지로 선정하였다. 둘째, 검증지역의 선정기준으로는 1/50,000 식생도, 1/25,000 지형도와 현지답사자료를 사용하였다. 본 연구에서 통계이론을 基盤으로 한 分類方法에서는 검증지역의 영상소수가 많을수록 결과의 정확도는 증가하였다. 셋째, 본 연구에서 單파장대들을 그대로 사용해서는 원하는 항목에 대한 분류가 불가능하다. 그러므로 원하는 항목에 대한 분류를 정확하게 하기 위해 항목간의 分離度를 높이는 作業으로서 화상강조처리를 하였다. 화상강조처리에는 농도변환, 경계의 强調, 화상간 연산, 색합성 등의 여러가지가 있다. 본 연구에서는 화상간의 연산처리 방법으로 영상비를 사용하였다. 넷째, 최대우도법(MLC)에 의하여 畵像分類를 하였다.

4. 實際適用 및 分析

4.1 研究地域의 選定 및 研究資料의 準備

4.1.1 研究地域의 選定

연구대상지역은 江原道 華川군의 삼림지역으로서 북위 38°04′17″~38°07′25″, 동경 127°50′00″~127°52′29″인 에네미 고개의 북측 파라호변으로 行政的으로는 방천리의 후동 一帶이다.

이 지역을 연구지역으로 선정한 이유로는 첫째, 춘천근교로 삼림이 鬱蒼하여 삼림식생분류를 試圖하는데 가장 적합하다고 판단되기 때문이고, 둘째로는, 삼림정보의 분류가 비교적 명확하여 정도높은 분류작업을 수행할 수 있고, 셋째로는 森林情報의 분류작업이 행해진 후 각 정보에 대한 동일성을 地上檢證을 통하여 쉽게 확인할 수 있는 지역일 뿐만 아니라 사전지식에 바탕을 두고서도 분류작업에 정확성을 기할 수 있기 때문이다.

4.1.2 研究資料의 準備

본 연구에서 研究資料로서 준비된 것으로는 1 : 25,000 지형도, 1 50,000 식생도, 현지답사의 삼림식생도, Landsat TM 數値映像이다. 地形圖는 국립지리원에 발행한 것으로 1991년에 개정된 것으로 삼림지역과 水域의 분포를 분류하기 위해 이용되었다. 식생도는 지형도를 基礎로 하여 환경처에서 發行한 것으로 발행년도는 1990년이다. 식생도는 크게 낙엽활엽수림, 침엽수림, 상록활엽수림, 식재림, 초지로 구분되어 있는데, 각 분류마다 식생의 분류에 따라 상세하게 세분되어 있다. 본 研究에서는 각 植生에 따라 정보를 분류하지는 않고 활엽수림과 침엽수림, 농경지 및 초지의 3가지로 정보를 분류하였다. 현지답사의 삼림식생도[10]는 실제 現地踏査로 조사한 여러가지의 식생자료가 있지만, 본 연구에서는 Landsat TM의 해상력이 약 30 m×30 m이므로 현지답사로 얻은 자료를 檢證하는 데에는 해상력의 限界가 있기 때문에 침엽수, 활엽수, 농경지 및 초지, 물의 네가지로만 한정 분류하였다. Landsat TM 數値映像은 1989년 10월 25일에 얻어진 것으로서 지구자원탐측위성 5호에 의해 受信된 것이다.

4.2 現地踏査로부터의 森林植生 分類

현지답사로부터 추출한 森林情報은 침엽수, 활엽수, 농경지 및 초지, 물의 네가지이다. 現地踏査에 의하여 分類된 결과는 Fig. 1이다. 각각 분류한 식생의 面積은 침엽수가 전체의 54.11%, 활엽수가 13.6%, 농경지 및 초지가 9.92%, 물이 26.24%이다.

본 연구에서 분석한 결과에 의하면 물지역의 特性값은 제4밴드에서 7~13의 D.N.으로 나타났다. 그러나 침엽수, 활엽수, 농경지 및 초지는 모두 비슷한 특성값이 나타나므로 화상처리를 해야했다. 화성처리를 제2밴드와 3밴드를 합성한 영상을 영상비에 의해 강조를 한 결과 제3밴드로부터 활엽수지역은 72~91의 D.N.으로 나타나고, 제1밴드에서의 침엽수지역은 118~136, 제3밴드에서의 농경지 및 초지는 D.N.이 96~120이었다.

자료처리는 도면상에 研究地域의 경계를 표시한 후, 대부분의 정보를 포함하고 있는 지역에 대하여 이루어졌다. 현지를 踏査하고 지형도를 이용한 조사지역의 총면적은 10.9 km^2이고, 이 중 물이 2.86 km^2, 활엽수가 1.48 km^2, 침엽수가 5.90 km^2, 초지가 0.66 km^2이다. 수치영상에 의한 植生分類作業을 위해서 천연색에 가까운 밴드1, 밴드2, 밴드3을 합성영상으로 만들고 표본지역을 선정하였다. 그리고 감독분류인 최대우도

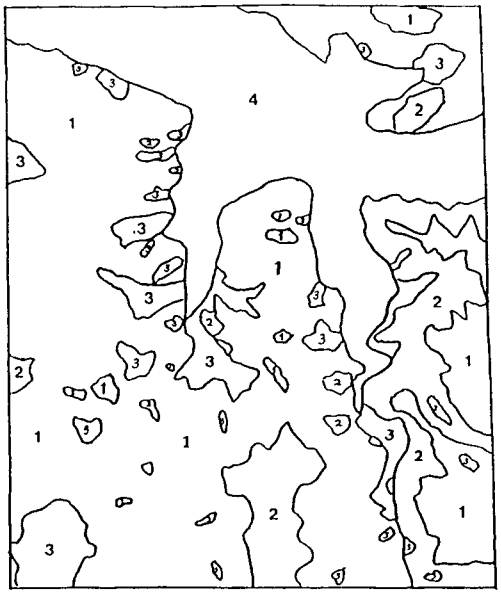

Fig. 1. Classified map with a field investigation (1 : coniforous forest, 2 : broad leaved forest, 3 : crop glass, 4 : water).

Table 2. The results of M.L.C. classification method

Class/Cluster	Landsat TM 영상법		현지답사법		오차(%)
	# Pixels	% Area	면적(km^2)	% Area	
1. Water(물)	2937	24.20	3.86	26.24	−2.04
2. Broad(활엽수)	1881	15.50	1.48	13.61	+1.89
3. Coniferous(침엽수)	5196	42.80	5.47	50.23	−7.43
4. Crop-Glass(초지)	2124	17.50	0.09	9.92	+7.58
계	12138	100.00	10.9	100.00	.00

법(Maximum like lihood Method)을 이용하여 분류한 후의 면적비는 Table 2와 같은 결과를 얻었다.

Table 2에서 물과 침엽수에서 각각 약 ±7%, 활엽수와 초지에서 각각 약 ±2%의 오차가 發生되었다. 이 오차의 원인을 분석할 때, 첫째는 표본지역 선정에서 발생할 수 있고, 둘째는 現地踏査한 시기(1991년)[10]와 TM 수치영상 자료를 입수한 시기(1989년 10월) 사이의 삼림식생변화로 인한 誤差가 발생할 수 있다. 셋째는 각각의 방법에서 계절이 다른 자료로 인한 오차가 발생할 수가 있다. 따라서, Landsat TM 영상자료를 각 계절별로 사용하고, 자료의 년수 變化가 작게하면 좀 더 오차를 감소할 수 있으리라 기대된다.

5. 結　論

도면을 이용하여 現地調査로 森林植生을 분류한 결과와 지구자원탐측위성의 TM 수치영상을 이용하여 森林情報를 분류한 결과를 비교한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. TM 數値影像의 컴퓨터를 이용한 삼림식생 분류에 있어서 물지역의 특성값은 제4밴드에서 7～13의 D.N.으로 나타났고, 畵像處理를 한 후에는 활엽수 지역이 72～91의 D.N.으로 나타났다. 제1밴드에서의 침엽수림 지역은 118～136, 제3밴드에서의 농경지 및 초지는 96～120의 D.N.과 一致하였다. 본 연구에서는 이 D.N.을 삼림식생분류에 대한 特性값으로 결정하였다.

2. TM 數値影像을 이용한 최대우도법의 결과와 現地踏査法에 대한 비교오차를 구한 결과 침엽수, 활엽수, 농경지 및 초지, 물이 각각 −7.43%, +1.89%, +7.58%, −2.04%의 分類正確度를 얻었으며 다계절 영상을 이용하면 정확도가 향상되리라 기대되며 삼림식생분류의 효용성을 증가시킬 것이다.

參考文獻

1. 안철호, 김용일, Filtering 기법에 의한 Landsat TM Data의 분석 정확도 향상에 관한 연구. 서울대학교 공학석사학위집, 1988, p. 5.
2. 조재명, 21세기를 맞는 한국임업연구의 방향. '92 강원대학교 임과대학 국제학술심포지움, 1992, pp. 9-11.
3. 柳福模, 寫眞測定學, 初版, 서울, 文雲當, 1991. 3. 尾俊夫, 일본 REMOTE SENSING학회지 Vol. 10, No. 3, pp. 65-119.
4. 안철호, 안기원, 연상호,박민호, 원격탄사 Data의 정확도 향상을 위한 Bitemporal Classification 기법의 적용. 한국측지학회지, 제5권, 제2호, 1987.
5. 안철호, 연상호, 박병욱, 양경락, Landsat TM Data를 이용한 솔잎혹파리 피해지역추출에 관한 연구. 한국측지학회 제6권, 제2호, 1988.
6. 양인태, 김욱남, 이권중, 지표정보 추출기법의 효용성 비교에 관한 연구. 대한토목학회논문집 Vol. 12, No. 1, 1992, pp. 159-166.
7. 안기원, 인공위성 화상Data를 이용한 지형표고의 추출, 서울대학교 공학박사학위집, 1988, p. 9.
8. 안철호, 윤정섭, 안기원, 도시 및 지역연구를 위한 인공위성 Data의 분석 및 그 활용방안에 관한 연구. 한국측지학회지, 제3권, 제1호, 1986, pp. 1-14.
9. 안철호, 김용일, 이창노, 인공위성 Data를 이용한 간척지역의 환경정보의 추출. 한국측지학회지, 제7권, 제1호, 1989, pp. 49-57.
10. 양인태, 전병덕, 수문해석을 위한 지표정보 추출의 광학 Image법에 관한 연구. 대한토목학회논문집, 제10권, 제3호, 1990. 8, pp. 77-85.
11. Lillesand T. M. and Kiefer, R. W., "Remote Sensing

and Image Interpolation Second Edition", New York, John Willey and Sons, 1987.
12. 화천군 관광단지 조성계획 환경영향평가서, 화천군, 1992.
13. Olsen, D. E., "Seasonal Changes in Light Refiectance from Forest Vegetation", Photogrammetry Engineering, Vol. 1, No. 1, 1961.
14. Barrett, E. C., 'Introductio to Environmental Remote Sensing," 2nd edition, Champman and Hill, New York, 1992, pp. 257-268.
15 Stoner, E. R., Baumgardner, M. F. and Anuta, P. E., Determining Density of Maize Canopy by Temporal Analysis", LARS Print 111372, Purde University, 1978.
16. Barrett, E. C. and Curtis, L. F., "Introduction to Environmental Remote Sensing", 2nd Edition, p. 137, Chapman and Hall, London, 1982.
17. Kennie, T. J. M. and Mattews, M. C., "Remote Sensing in Civil Engineering", pp. 92-105, John Wiley and Sons, New York, 1985.
18. 일본 REMOTE 학술출판위원회편, 퍼스컴에 의한 REMOTE-DATA, 계명출판, 1989.
19. Blanchard, B. J., "Remote Sensing Techniques for Prediction of Watershed Runoff, Proceedings of the NASA Earth Resources Survey Symposium", Vol. 1-D, Water Resources Section, 1975.
20. Reeves, R. C., "Manual of Remote Sensing, The American Society of Photogrammetry", 1975.
21. Rango, A., Salomonson, V. V. and Ambruch, R., "Remote Sensing Requirements as Suggested by Watershed Model Sensitivity Analyses, Proceedings of the 12th International Symposium on Remote Sensing of Environment", ERIM, Michigan, 1977.
22. Frederick, C. Westin and Brandner, T. M., "Combining Land Use Data Acquired from LANDSAT with Soil Ma Using A Information System", PECORA VII Symposium, 1980, pp. 455-464.
23. John R. Jensen and David L. Toll, "Urban Detection Procedures Using LANDSAT Digital Data", PECORA VII Symposium, 1980, pp. 230-251.
24. Trolier, L. J., Philipson and Philpot, W. P., "LANDSAT Thematic Mapper Images for Hydrologic Land Use and Cover", ACSM-ASPRS Annual Convention Technical Papers, Vol. 5, 1986, pp. 269-278.
25. Thomas D. Morelli, "A Remote Sensing Based Methodology for Quantifying The Spatial and Functional Relationships Amongest Industrial Land and Uses Delineated Around The Port of Baltimore", 1987 ASPRS-ACSM Annual Convention Technical Paper, Vol. 1, pp. 47-56.
26. Wang, J. F. and Howarth, P. J., "Automated Road Network Extraction from LANDSAT TM Imagery", 1987 ASPRS-ACSM Annual Convention Technical Papers, Vol. 1, pp. 393-401.
27. Baumgardner, B. J. and Cipra, J. E., "Measuring Radiance Characteristics of Soil with a Field Spectroradiometer, Proceedings of the American Soil Science Society, 1971.
28. Kristof, S. J., Baumgardner, M. F. and Johannsen, C. J., "Spectral Mapping of Soil Organic Matter", LARS Information Note 030773, Purdue University, 1973.
29. Stoner, E. R., Baumgardner, M. E., Anuta, P. E. and Cipra, J. E., "Determining Density of Maize Canopy from Airborne Multispectral Scanner Data", LARS Print 111272, Purdue University, 19 78.
30. Olsen, D. E., "Seasonal Changes in Light Refiectance from Forest Vegetaion, Photogrammetry Engineering", Vol. 1, No. 1, 1961.