

리모트 센싱 기술의 농업적 이용(Ⅱ)

Agricultural Application of the Remote Sensing Technique

양 영 규*
Yang, Young-kyu

1. 서론

본 강좌는 농업토목 분야에 종사하는 전문가를 대상으로 리모트 센싱 기술의 기술동향과 이의 농업에의 응용에 관하여 기술함을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 지난 호에는 원격탐사 기술의 개요, 기본이론, 위성현황, 국내현황 등 일반적인 면을 주로 기술하였고, 이번 호에는 원격탐사 기술의 농업에의 활용에 대하여 자세히 설명하고자 한다.

우리나라의 농업은 그 동안 신 생산기술과 영농 기술 개발로 상당히 높은 수준의 생산성 향상을 가져왔다. 그러나 최근 외국 농산물의 수입개방이라는 농업적 변혁기를 맞아 앞으로는 생산성 위주의 기술개발보다는 보다 역동적이고 종합적인 농업생산정보의 체계적 수집을 통한 농업경영 및 생산성 증대가 시급한 과제로 대두되고 있다. 미국, 일본, 프랑스 등 선진국들은 이미 자원탐사 위성을 이용한 토양조사, 토지이용 분석, 농작물 수확량 예측, 수자원 관리, 산림자원 관리 등 농업생산환경에 관련된 정보를 주기적으로 수집 분석하여 농업 생산성 향상에 이용하고 있다. 국토가 좁고 작물재배

형태가 소규모이고 복잡한 우리나라에서도 우주과학 기술의 발전과 위성영상의 고 해상화, 관측정보의 다양화 추세에 따른 리모트 센싱 자료의 활용 잠재력이 매우 클 것으로 보인다. 특히 국토의 효율적인 관리측면에서 농업생산환경 모니터링을 통한 농작물의 생산량 예측, 재해 상황 파악 및 재배면적 파악 등은 농업정책 결정에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

2. 토지이용 분석

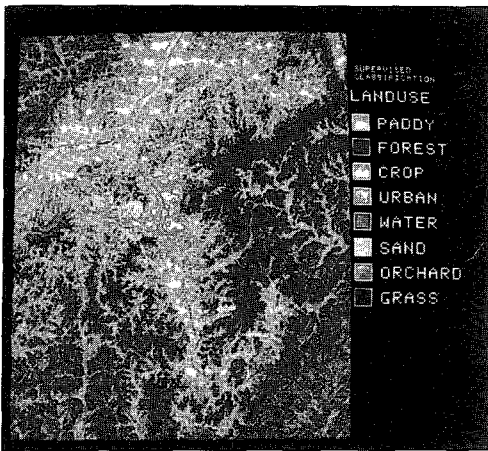
우리나라처럼 인구 밀도가 높은 나라에서는 국토의 효율적인 활용 측면에서 토지이용 현황의 주기적인 파악이 상당히 중요한 의미를 갖는다. 최근 급격한 산업화 및 도시화에 따른 오염의 피해가 커지고 있어 오염으로부터 토지를 보호하고 환경저하(Degradation)를 방지하기 위하여 오염원 탐색 및 오염예방에 부단한 노력을 경주할 필요성이 있다. 또한 농경지의 보전, 환경오염에 따른 토지생산력 저하 등도 심각한 문제로 대두되고 있다.(서동조 외, 1990) 이러한 현실에서 위성영상이나

* KIST 시스템 공학연구소 인공지능연구부

항공사진 등 리모트 센싱 자료는 토지이용 분석에 필요한 정보를 제공하여 준다.

가. 토지이용 현황 분석

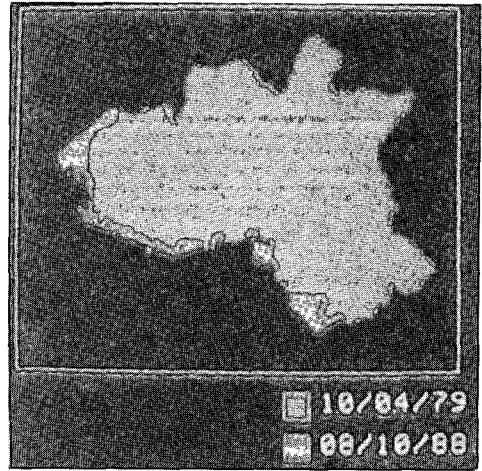
토지이용 현황 분석은 위성영상 활용의 가장 활발한 부문 중의 하나이다. 최근 급격한 산업화, 도시화에 따라 토지이용 변화가 빠르게 이루어지고 있는 현실에서 가장 신속하고 경제적인 조사 방법이라 할 수 있다. 토지이용 현황 분석은 위성영상의 모든 파장대를 중첩하여 통계적 분류기법을 통하여 분석, 추출하는 데 그 구체적인 방법에 대한 설명은 다음에 기술되어 있다. 현재는 Landsat과 SPOT 영상을 많이 쓰고 있는데 위성의 해상력이 높지 못한 관계로 토지이용 분류를 경작지, 산림, 녹지, 물, 취락, 나대지, 공단 등 대 분류로 구분하고 있다<그림-1>. 토지이용 분석은 국립 지리원에서 1980년 중반부터 1:250,000 축척의 전국 규모의 토지이용도를 제작하여 보급하고 있다.



<그림-1> 위성 영상을 이용한 토지이용도 작성 (Landsat TM, 청주시 지역)

나. 토지이용 변화 분석

위성영상은 주기적으로 동일한 지역의 정보를 제공하여 주므로 시간의 차이에 따른 토지이용 변화 분석에 아주 유용하다<그림-2>. 최근 토지이용 변화 분석에 가장 많이 사용되는 알고리즘을 소개



<그림-2> SPOT을 이용한 토지이용 변화 분석(안산 지역, 1979~1989년 사이의 간척지역 구분 : 서동조 외, 1990)

하면 다음과 같다(Jensen, 1996).

- 서로 다른 날짜의 영상을 다른 색깔로 입혀 칼라 스크린 상에 중첩하여 디스플레이 함(예 : 첫번째 날짜 영상을 청색으로, 두번째 날짜 영상을 녹색으로, 세번째 날짜 영상을 적색으로 지정한 후 이들을 중첩하여 스크린 상에 디스플레이 하면 변화된 지역이 다른 색깔로 뚜렷이 나타남)

- 분석 대상이 되는 여러 날짜의 위성영상을 모두 중첩시켜 하나의 데이터 세트로 만든 후 분류 기법(Classification method)이나 주성분 분석(PCA : Principal Component Analysis)을 이용하여 변화된 지역을 추출함

- 다른 날짜의 같은 밴드의 영상끼리 차이를 구하거나(Band differencing) 또는 나누어 줌(Band ratioing)

- 분류 기법을 이용하여 각 날짜별 토지이용 현황을 구한 후 컴퓨터 내에서 두 날짜간의 토지이용 차이를 구함. 특히 장기간에 걸쳐 여러 날짜의 자료가 제공되는 경우에는 통계적인 기법을 이용한 토지이용 예측 분석도 가능하다(김의홍, 1985). 농업분야에서의 토지 이용 변화 분석은 농경지의 타 목적에의 전용, 휴경 휴작, 작물재배 형태변화 분석 등에 유용이 이용될 수 있다.

다. 토지 오염 분석

근래 농약과 화학비료, 가축의 분뇨 방출, 광물 채취에 의한 토지 오염이 심각한 사회문제화 되고 있다. 토지 오염 분석은 위성영상을 통하여 직접 오염지역을 구분하기는 곤란하며 토지이용 현황을 분석한 후 토지이용에 따른 단위 면적당 오염물질 배출량을 적용함으로써 분석이 가능하다. 예컨대 농약을 많이 쓰는 골짜기, 비료 및 농약 사용량이 늘고 있는 경작지, 대규모 가축단지의 배설물 오염, 사후 관리가 부실한 광물 채취지역의 중금속 오염 등을 이러한 간접적인 방법으로 계산해 낼 수 있다.

라. 분류 기법(Classification Method)

영상 분류는 영상이 가지고 있는 특성을 수학적 으로 분석하여 유사한 반사치를 가진 화소들을 동일한 그룹으로 분리해 내는 기법을 의미한다. 영상 분류는 영상이 포함하는 정보 추출을 위하여 영상에 포함된 각 특징(Feature)들의 통계학적인 가설을 적용하는가에 따라 Parametric 종류와 Non-parametric 분류법으로 종류를 나눌 수 있고, 같은 특성을 가지는 특징을 정의하기 위하여 사전에 각 특징에 대한 정보를 주는가에 따라 감독 분류(Supervised classification)와 무감독 분류(Unsupervised classification)로 종류를 나누어 볼 수 있다. Parametric 분류는 특징들의 특성을 나타내기 위하여 각 특징이 일정한 통계적인 특성을 따라서 특징 공간(Feature space) 상에 분포하고 있다고 가정하여 이들을 통계적 분리도에 따라 분류해 내는 방법으로 반드시 사전에 전체 특징들이 어떠한 통계를 따르는가를 가정하여야 한다(예, Gaussian 분포). Non-parametric 분류는 특징들이 가지는 통계적 특징을 가정하지 않고 통계에 근거하지 않는 다른 방법으로 특징들 간의 분리도를 측정하여 분류해 내는 방법이다. 감독분류는 각 특징을 대표할 수 있는 훈련자료(Training sample 또는 training set)를 미리 주고 이 자료

로부터 특징들을 분류할 수 있는 기준을 마련하여 전체 영상을 이 기준에 따라 분류하는 방법을 의미한다. 무감독 분류는 훈련자료 없이 전체 영상을 정해진 처리 방법에 따라 처리하여 영상을 분류해 내는 방법으로 군집화(Clustering) 기법들이 이에 속한다.

일반적으로 많이 쓰이는 분류방법에는 K-MEANS와 ISODATA 알고리즘에 근거한 군집화 방법, 最大尤度法(Maximum likelihood)에 의한 분류 방법, 최소거리법(Minimum distance)에 의한 분류 방법 등의 영상분류 방법을 제공하고 있다. K-MEANS와 ISODATA는 통계 특성을 가정하지 않고 훈련자료 없이 영상을 분류하는 방법으로 무감독형 Non-parametric 방법이다. 최대우도 결정규칙은 영상이 가지는 통계적 특성을 가정하며 훈련자료를 사용하는 감독형 Parametric 방법이며, 최소 거리 결정규칙은 통계적 특성을 가정하지 않고 훈련자료를 사용하는 감독형 Non-parametric 분류 방법이다. 통계적 특성을 가정하는 경우 여러가지의 통계분포를 가정할 수 있지만 일반적으로 영상자료에 포함된 각 특징이 정규분포(Gaussian)를 가진다는 가정을 많이 사용한다. 통계적 특성을 가정하지 않는 경우는 각 특징간의 분리도를 정의하기 위한 거리의 척도가 필요하게 되는데 보통 Euclidean 거리나 절대 값의 거리등을 많이 사용한다.

마. 국내 연구 현황

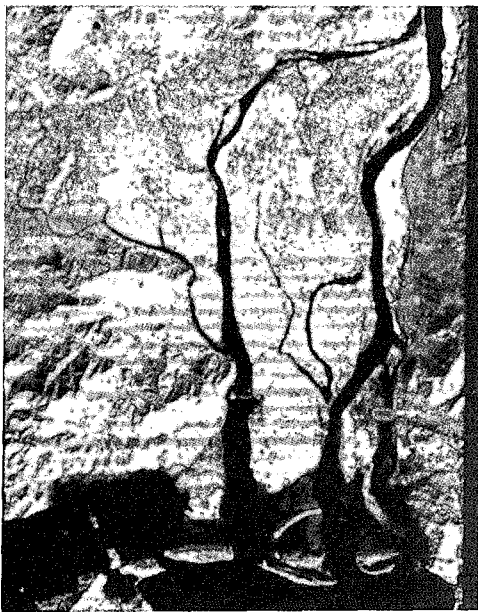
국내연구는 1980년대 중반부터 시작되어 리모트 센싱 기법에 의한 서울, 대전, 인천 등 대도시의 토지이용분류연구(연상호, 1986), 위성영상과 GIS를 이용한 안산시의 공간분석(서동조 외, 1990), 토지정보체계를 이용한 토양적지 평가 모델 수립(이규석, 1991) 등 많은 연구가 수행되거나 진행되고 있고 최근에는 리모트 센싱 및 지리정보시스템을 이용한 라오스 주앙프라망 지역의 화전분석을 비롯한 외국 현황분석 연구(조명희, 1994 ; 1995)도 활발히 진행되고 있다.

3. 수자원 관리

물은 인간의 생존에 필수적인 요소이며 수자원은 농업용수, 공업용수 및 수력발전 에너지원 등 주요한 자원으로 선진 제국에서는 효율적인 수자원 관리를 위하여 리모트 센싱 자료의 활용 기술개발에 주력하고 있다. 위성영상을 이용한 수자원 관리에는 수자원 분포 조사, 유역 조사, 수질오염 조사, 적설량 조사 등을 들 수 있다.

가. 수자원 분포 조사

물은 근적외선 파장대의 電磁氣 에너지를 흡수하며 센서에 의해 감지되는 반사에너지는 매우 미약한 특성이 있으므로 위성영상중 근적외선 에너지 대역의 영상을 분석하면 지표면의 물을 쉽게 구분해 낼 수 있다<그림-3>. 따라서 하천, 호수, 유수지의 분포, 담수면적 및 홍수시의 침수현황 등을 조사하고 지도에 출력하는 일은 용이하다. 또한 저



<그림-3> Landsat 영상을 이용한 수자원 분포 조사. 근적외선인 Landsat의 TM4를 사용하였으며 물 부분이 검정 색깔로 뚜렷이 나타나고 있다(김해삼각지 부근 해역).

수지나 댐의 바닥 지형(각 격자별 깊이)을 알면 담수량도 계산할 수 있다.

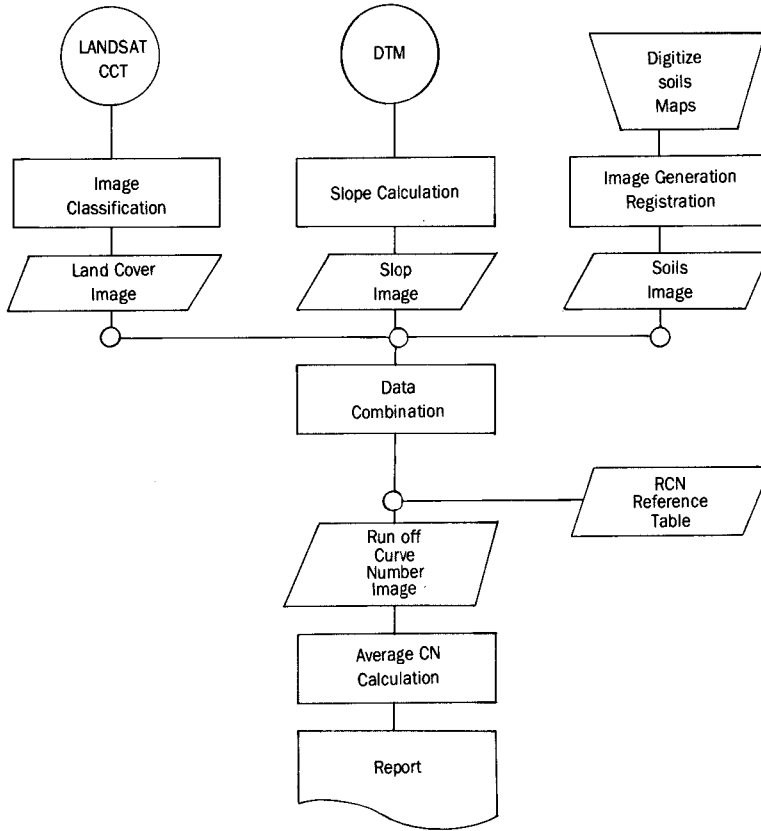
나아가 임의의 지점에 댐을 건설하였을 때에 침수구역 및 담수 면적을 시뮬레이션할 수 있다. 이 경우 중요한 것은 고도자료가 정확해야 한다는 점이다. 현재 위성영상을 이용한 고도자료 생성은 지상 해상력이 10미터인 프랑스 SPOT 위성의 Stereo 영상을 이용할 경우 10~20미터 정도의 정확성을 가지는 것으로 나타나 정밀한 분석을 하기에는 어려운 형편이다. 그러나 향후 지상해상력 1~3미터 급의 정밀위성 영상이 '97년부터 발사될 예정으로 있어 이를 이용하면 상당히 정밀한 고도 자료를 생성할 수 있을 것으로 예상된다. 고도자료를 이용한 수자원 분포 조사는 '90년 북한이 금강산 댐의 건설을 발표했을 때 우리편에서 수행한 댐의 높이에 따른 침수구역 및 담수용적 계산에 활용되어 고도자료를 이용한 수자원분포 조사에의 활용 가능성을 제시하였다.

나. 유역조사

유역조사는 주로 유역전반에 걸쳐 각종 수문정보를 도출하는데 집중되어 있다. 수문정보는 주로 유역의 유출 특성인자를 분석하고 아울러 유출 특성인자로부터 유역의 유출 수문곡선을 작성할 수 있다<그림-4>. 유역의 유출특성 인자를 추출하기 위하여는 고도자료(DEM : Digital Elevation Model)를 추출한 후 이를 이용하여 각종 지형지세 분석, 즉 등고선도, 경사방위각도, 경사각도, 陰影지도 등의 기본 분석 자료를 생성할 수 있다. 또한 하천유역의 수문특성에 가장 영향을 미치는 토지이용, 식생분포 및 Biomass 조사, 토양형 등의 분석이 가능하다. 아울러 DEM 자료로부터 각 격자점마다 물의 유출 방향을 구한 후 분기점과 계곡을 이루는 점을 추출하는 물의 결집 과정 분석이 가능하며 이를 이용하여 분기점과 계곡의 지도를 작성하여 유역의 형태학적 인자를 추출할 수 있다.

다. 수질오염

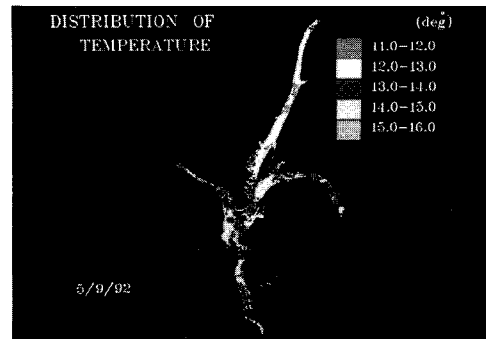
수질오염 변수 중 리모트 센싱 자료로 예측될 수



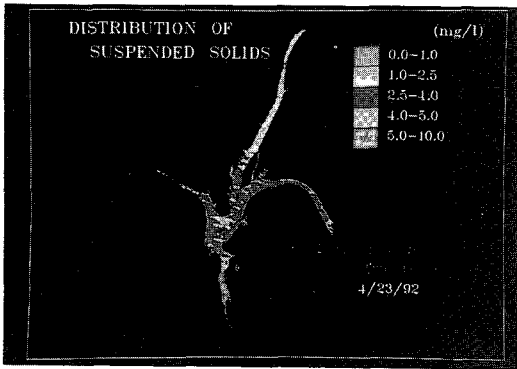
〈그림-4〉 위성영상을 이용한 Runoff curve number 추정 흐름도

있는 요소는 수온, 클로로필-a, 부유물질, 투명도 (Secchi Disk Depth) 등이 있다. 이들은 주로 實測値와 가시광선 및 적외선 파장대의 복사값과의 상관관계를 규명하는 방법으로 분석되는데 이들 간의 상관 관계는 높은 것으로 나타나고 있다. 또한 온도의 경우도 열적외선대 밴드인 TM 밴드 6 과 매우 높은 상관관계를 갖는 것이 여러 연구에서 증명되었다. 이와 같이 온도나 광학적으로 관련된 측정변수들은 위성영상 값들과 비교적 높은 상관 관계를 나타내고 있으나, 그 외 용존 산소량(Dissolved oxygen : DO), 생화학적 산소 요구량 (Biochemical oxygen demand : BOD), 화학적 산소 요구량(Chemical oxygen demand : COD) 은 가시광선이나 근·중적외선대의 파장으로는 측정하기 어려우므로 기존 연구사례에서도 이에 대한 연구가 성공적으로 이루어진 경우가 거의 없었

다. 국내에서는 과거 원자력 발전소와 화력 발전소 주변의 열수 분포를 리모트 센싱 자료로 분석하려는 시도가 있었고(강필중, 1987), '92년에는 당시 환경처 주관으로 호수의 클로로필-a, 부유물질,



〈그림-5〉 Landsat 영상을 이용한 호수 및 유입 지천의 온도 분포도



〈그림-6〉 Landsat 영상을 이용한 호수 및 유입 지천의 부유물질 분포도

투명도 등을 시범적으로 분석한 사례가 있다(그림-5,6). 또한 국립수산진흥원, 해양연구소, 기상청, 서울대학 등에서는 극궤도 기상위성의 AVHRR 자료를 분석, 해수표면온도(SST: Sea Surface Temperature)를 산출하여 어장분포 조사, 우리나라 연안의 해류이동 조사, 일기예보 업무 등에 실용화하고 있다(김복기, 1989; 이희운 외, 1987; 심태보 외, 1989; 이태신 외, 1993; 박경애 외, 1994).

라. 적설량 조사

겨울 동안에 내려 쌓인 눈은 봄이 되면 녹아서 각종의 용수로 유용이 활용될 수 있으므로 적설량의 정확한 파악이 중요하다. 적설량을 계산하기 위하여는 눈이 쌓인 지역의 구분과 함께 눈의 깊이 및 밀도를 알아야 한다. 외국에서는 항공기 및 위성 관측자료를 이용한 적설량 조사 연구가 활발히 진행되고 있다. 적설지역의 구분은 Landsat, SPOT 등의 위성영상의 가시광선 및 근적외선 대역의 영상을 분석하여 쉽게 구분할 수 있다. 적설의 두께와 밀도는 보통 마이크로웨이브 파장대와 감마선 파장대 조사 방법에 의하여 조사된다. 마이크로웨이브 파장대는 녹지 않은 건조한 눈의 두께가 클수록 수신된 에너지는 감소하며 감마선도 비슷한 형태로 수신된 에너지의 크기와 눈의 두께에 반비례한다. 마이크로웨이브 파장대는 NIMBUS 위성에 탑재된 ESMR(Electrically Scanning

Microwave Radiometer)를 이용하여 측정하며 감마선 파장대는 주로 항공기에 탑재한 감마선 측정기를 이용한다.

마. 국내 연구 현황

이 분야의 많은 기초연구가 수행되었는 바, Landsat 영상을 이용한 지하수 부존 가능지역 추출 연구(지광훈, 1991; 1992; 1994), Landsat과 DEM을 이용한 하천유역 해석 응용기법 개발(조성익 외, 1986), 원격탐사 기법에 의한 소유역 홍수 수문곡선 결정 연구(남현옥 외, 1989), 위성영상 자료와 지상관측 자료의 해석에 의한 수문계수 도출 연구(서동준, 1991) 등을 들 수 있다. 또한 연안의 환경을 분석하기 위하여 Landsat을 이용한 금강하구 조간대 지형분석(유홍룡, 1986; 안충현 외, 1989)과 Landsat 자료에 의한 낙동강 하천수의 유입확산이 해양 환경에 미치는 연구(김문선 외, 1987) 등이 일찍이 수행 되었다.

4. 농작물 수확량 예측

리모트 센싱 자료를 이용한 농작물의 생산량 예측을 위해서는 우선 대상 농작물의 생리적인 특성 및 생육특성, 기상변화의 상태 및 분석대상 지역의 작부체계와 영농방법 및 토양특성, 기상조건 등의 자료가 충분히 조사되어야 한다.

가. 농작물 재배면적 조사

농작물의 재배 면적은 작물별로 생육시기(Crop calendar)가 다르다는 점을 이용하면 쉽게 조사할 수 있다. 예컨대 벼는 늦봄에 모내기를 하여 여름의 출수기까지 왕성하게 자라고, 보리는 겨울에 파종하여 봄에 가장 왕성하게 자란다. 이러한 Crop calendar의 특성을 참조하여 분석대상 작물이 다른 작물과 가장 잘 구분될 수 있는 2~3개 날짜의 영상을 선정하여 식생지수를 구하고, 이들 식생지수를 중첩하여 분류기법을 적용하면 작물이 구분되며 이에 따라 재배 면적을 구할 수 있다. 우리 나

라처럼 토지이용이 조밀한 경우에는 비교적 대규모로 경작되는 米作 또는 麥作의 재배 면적은 비교적 정확히 계산될 수 있으나 단위면적이 적은 田作, 특용작물 및 果樹는 잘 구분이 되지 않고 있다.

나. 작황 감시 및 예측

농작물의 작황 분석은 수확량 계산에 필수적인 요소이다. 농작물의 작황을 분석하기 위하여는 분석대상 작물의 재배지역을 분리한 후 식생지수를 구하여 격자점 마다의 성장상태를 조사한 후 이를 실제 수확 가능한 수치로 변환한다. 즉 몇 개의 샘플링 지역을 선정하여 도출된 식생지수의 값과 실제 측된 Biomass의 양과의 상관계수를 구하여 이를 전체 분석 지역에 적용하면 예상 수확량의 개략치를 구할 수 있다. 미작의 경우에 작황을 가장 잘 예측할 수 있는 시기는 出穗期로 알려지고 있다 (Yang and Miller, 1985).

다. 병충해 및 가뭄피해 조사

농작물이 병충해 및 가뭄 피해를 입은 경우에는 잎의 수분이 없어서 누렇게 마르게 되며, 이때 이는 건강한 녹색 식물처럼 근적외선 대역의 에너지를 반사하지 않게 된다. 따라서 작물재배 지역에서 근적외선 대역의 영상을 분석하거나 식생지수를 계산해 보면 쉽게 병충해 및 가뭄피해 상황을 조사할 수 있다.

라. 식생지수 계산

녹색식물의 스펙트럼 반사는 독특하며 파장에 따라 매우 다르다. 녹색식물은 잎 속의 엽록소와 잎 내부 구조에 따라 가시광선과 근적외선 영역에서의 반사율이 작물별로 차이가 많다. 예컨대, 건강한 녹색식물의 경우 적외선을 50% 이상 반사하나, 단풍이 들거나 마른 식물은 적외선 대역의 반사율이 매우 낮게 된다. 또한 작물별로 재배 기간(계절)이 다르므로 이러한 특성을 감안하면 작물의 구분이 다소 용이해진다. 따라서 농작물의 수확량 예측분석을 하는데 식생의 분포에 대한 조사가

실행되어야 한다. 즉, 지표면에서의 식생의 유무, 식생의 종류, 밀집도 등을 파악하여야 하는데 이를 위하여 식생지수의 계산이 필요하다.

식생지수는 영상자료에 포함된 녹색식물의 파장별 반사 특성에 기초를 두고 분광대간의 특성을 강조하여 식생의 밀집도 등을 나타낼 수 있는 수식으로 엽 면적지수(LAI : Leaf Area Index), Percent ground cover, Plant height, Biomass, Plant population 등을 양적으로 나타낼 수 있는 척도로 개발되었으며, 관측된 분광대 영상간의 비율(RVI : Ratio Vegetation Index), 차이(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index), 선형조합(Linear combination) 등 여러가지 방법으로 구현된다. 비율은 가시광선과 근적외선 영역에서 관측된 영상의 차이를 이용하며 선형조합의 형태는 TVI(Transformed Vegetation Index), Tasselled Cap Transformation 등 여러가지 변환식이 사용된다. Tasselled Cap 변환은 위성자료의 여러 분광대별 Histogram이 이루는 특징공간에서 주성분 분석(PCA : Principal Component Analysis)방법을 사용하여 서로 직교하는 영상을 구하는 변환식으로 보통 Brightness, Greenness, Third band 등의 결과가 산출된다. 이 경우 Brightness는 지표면의 밝기를 나타내며, Greenness는 식생지수, Third band는 나뭇잎 또는 토양 수분의 양이나 또는 수분과 함께 다른 인자가 복합적으로 나타나는 것으로 추정되고 있다(Crist and Cicone, 1984 ; Holer and Ahern, 1986). Landsat TM, SPOT, NOAA AVHRR등 많이 이용되는 위성영상용 식생지수 계산 식은 아래와 같다 (Wiegand et al., 1978 ; Crist and Cicone, 1984 ; Chang, 1992 ; Jensen, 1996).

1) RVI(Ratio Vegetation Index)

$$RVI - TM = \frac{TM4}{TM3}$$

$$RVI - SPOT = \frac{XS3}{XS2}$$

$$RVI - AVHRR = \frac{IR}{red}$$

2) NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI-TM = \frac{TM4-TM3}{TM4+TM3}$$

$$NDVI-SPOT = \frac{XS3-XS3}{XS3+XS2}$$

$$NDVI-AVHRR = \frac{IR-red}{IR+red}$$

3) TVI(Transformed Vegetation Index)

$$TVI-TM = \sqrt{\frac{TM4-TM3}{TM4+TM3} + 0.5}$$

$$TVI-SPOT = \sqrt{\frac{XS3-XS3}{XS3+XS2} + 0.5}$$

$$TVI-AVHRR = \sqrt{\frac{IR-red}{IR+red} + 5}$$

나) Tasseled Cap Transformation

• Landsat TM의 경우

$$\begin{aligned} \text{Brightness} &= 0.33183TM1 + 0.33121TM7 \\ &\quad + 0.55177TM3 + 0.42514TM4 \\ &\quad + 0.48087TM5 + 0.25252TM7 \\ \text{Greenness} &= -0.24717TM1 - 0.16263TM2 \\ &\quad - 0.40639TM3 + 0.85468TM4 \\ &\quad + 0.05493TM5 - 0.11749TM7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Third} &= 0.13929TM1 + 0.22490TM2 \\ &\quad + 0.40359TM3 + 0.25178TM4 \\ &\quad - 0.70133TM5 - 0.45732TM7 \end{aligned}$$

• SPOT의 경우

$$\begin{aligned} \text{Brightness} &= 0.527XS1 + 0.543XS2 \\ &\quad + 0.653XS3 \\ \text{Greenness} &= -0.420XS1 - 0.502XS2 \\ &\quad + 0.756XS3 \end{aligned}$$

마. 국내 현황

국내에서는 농촌진흥청이 주로 이 분야 연구를 수행하고 있다. 농촌진흥청에서는 위성영상 분석시 작물의 분류에 활용할 수 있도록 주요작물에 대한 반사특성을 관측, 분석하고 이를 이용하여 주요작물에 대한 표본지역을 선정하여 인공위성 자료를 분석하고 이를 실측치와 비교하여 원격탐사 기술을 이용한 작

물재배 면적 추정을 시도하였다. 미국 LANDSAT-TM 영상분석을 통하여 '87년 전남 나주, 무안 지역의 동계작물의 재배면적 추정 결과, 작물의 재배면적이 넓고 일정지역에 밀집 재배하는 보리의 경우 실제조사 자료의 약 99%가 추정되었으며, 마늘, 양파의 경우는 60% 가량 추정되었다(한원식 외, 1991). 또한 Landsat를 이용한 자연 소택지의 식생분류(지광훈, 1986), Landsat 녹색 식생지수를 이용한 서울시 도시 녹지 변화조사(박종화, 1992), AVHRR NDVI를 이용한 한반도 식생분포 조사(이상훈 외, 1994) 등 많은 식생분포 조사(dltndgns). 연구가 수행되었다.

5. 산림자원 조사

가. 산림분포도 작성 및 임산자원 조사

농작물의 경우처럼 나무도 잎이 무성하고 생육이 왕성하면 근적외선 파장대의 에너지를 많이 반사하게 된다. 따라서 산림지역의 위성영상을 대상으로 식생지수를 계산하고 이를 실측치와 비교하면 산림분포도 작성이 가능하다. 또한 대규모 인공림의 경우 수목들의 크기가 고르고 균일하며 수종의 구분이 가능하고 이에 따른 立木材積의 계산 등 임산자원 조사가 가능해 진다.

나. 산림 병충해 및 화재 피해 조사

산림이 병충해, 가뭄, 산불 등의 피해를 입은 경우에는 잎의 수분이 없어져 누렇게 마르게 되거나 검게 타게 되며, 이때 건강한 산림과는 달리 근적외선 대역의 에너지의 반사율이 낮게 된다. 따라서 산림에서 근적외선 대역의 영상을 분석하거나 식생지수를 계산해 보면 병충해, 가뭄 및 화재 피해 상황을 쉽게 조사할 수 있다.

다. 국내 현황

국내에서의 연구는 주로 산림청 산하 임업연구원 등에서 수행하고 있다. 주요 연구내용을 살펴보면, <표-1>에서 보는 바와 같이 원격탐사에 의한 화상

〈표-1〉 산림청 수행 원격탐사 관련 연구 현황

연구 제목	연구기간
원격탐사에 의한 화상처리 기법 개발	1991
지형정보처리 기법 개발	1992
원격탐사에 의한 산림정보 처리 해석	1991~1993
원격탐사에 의한 솔잎혹파리 피해지역 평가 및 해석	1992~1993
원격탐사를 이용한 연간 산림엽 생산량 추정	1993~1994
원격탐사에 의한 야생동물 서식지 변화 분석	1993~
원격탐사에 의한 북한의 산림자원 조사	1994~1995
원격탐사를 이용한 솔 겹질 각지벌레 피해지역 평가 및 해석	1995~

처리기법 개발, 지형정보처리기법 개발, 원격탐사에 의한 산림정보처리 해석(이규성, 1994) 등의 기본연구, 원격탐사에 의한 솔잎혹파리 피해지역 평가 및 해석, 솔껍질깍기 벌레 피해지역 평가 및 해석 등의 산림 병충해 피해조사 연구, 원격탐사를 이용한 산림엽 생산량 추정, 북한의 산림자원조사, 비무장 지대의 산림 실태 조사 등의 산림자원조사 연구 등을 수행하고 있다. 향후 계획으로는 원격탐사에 의한 북한의 솔잎혹파리 피해실태 조사, 습지 환경의 변화에 의한 야생 조류상의 변동 분석, 원격탐사와 GIS기법을 이용한 지역개발에 따른 산림자원의 변화패턴 분석, 원격탐사 자료와 GIS에 의한 산림의 산불 피해 모니터링 시스템 개발, 원격탐사에 의한 전국 산림자원 동태 분석 등을 수행할 예정으로 있다.

6. 結 論

리모트 센싱 자료는 지표면의 특징을 구분하고 변화를 측정하는데 매우 유용하며 자원탐사, 국토개발, 환경보전, 재난예보 등에 필수적인 자료이다. 리모트 센싱 자료의 활용을 위하여는 지구표면 형태들의 파장별 특성과 영향을 주는 요인들에 대한 철저한 지식과 이해가 필요하게 된다. 특히 농

업적 이용과 관련이 많은 식물, 토양, 물, 눈의 파장별 특성을 조사하고 영향을 미치는 기본적인 에너지-물질 상호작용을 규명하며 지구표면의 특징들의 파장별 특성에 미치는 시간적 공간적 효과를 분석하는 것이 중요하다. 아울러 농업부문에 활용될 리모트 센싱 자료의 효율적인 분석을 위하여 위성영상을 처리 분석하는 알고리즘 개발 및 소프트웨어 개발에 관한 연구가 필요하다.

멀지 않은 장래에 선진국에서 지상해상력 1~3미터급의 고해상 영상을 획득할 수 있는 고성능 위성을 발사할 예정으로 있고, 우리나라도 1999년에 지상해상력 6미터의 다목적 실용위성을 발사할 예정으로 있는 바, 이 위성 영상을 이용한 보다 역동적이고 종합적인 농업생산정보의 수집 체계 확립 및 이를 통한 농업 경영 및 생산성 증대가 시급한 것으로 보인다. 우리나라 다목적 실용위성은 예산 관계상 센서가 가시광선 대용 한개만 탑재되고 식물의 분포 및 농작물 작황을 구할 수 있는 근적외선 센서가 탑재되지 않을 예정이어서 응용분야가 약간 제한될 전망이지만 1 : 25,000 축척의 지도제작, 3차원 고도자료(DEM : Digital Elevation Model) 작성, 지형분석, 토지이용변화분석 등에 널리 활용될 수 있을 것으로 전망된다. 이러한 국내외의 새로운 고정밀 위성영상을 이용하기 위한 농작물 생산량 예측 연구와 농업생산환경 관측을 위한 지표면의 반사특성연구, 위성자료의 영상처리기법 및 농업에의 응용기술개발에 투자를 아끼지 말아야 할 것이다.

참고문헌

- 강필중, 지광훈, 1987. 열적외선 자료에 의한 고리원자력발전소의 냉각수 확산에 대한 연구, 대한원격탐사학회지 3(2), pp.1~87.
- 과학기술처, 1995. 원격탐사 기반 및 응용기술 개발사업(초안), 176pg.
- 김문선, 추교승, 1987. Landsat 위성자료에 의한 낙동강 하천수의 유입확산이 해양환경에 미치는 영향, 대한원격탐사학회지 3(1), pp.11~23.

- 김복기, 1989. NOAA 영상자료에 의한 한국 남해안 연안수 조사연구, 대한원격탐사학회지 5(1), pp.57~67.
- 김의홍, 1985. A Study on Modelling of Spatial Land-Use Prediction, 대한원격탐사학회지 1(1), pp.53~61.
- 남현옥, 박경운, 조성익, 1989. 원격탐사기법에 의한 소유역의 홍수수문곡선 결정, 대한원격탐사학회지 5(1), pp.13~28.
- 박경애, 정종률, 김구, 최병호, 1994. A Study on Comparison of Satellite-Tracked Drifter Temperature with Satellite-Derived Sea Surface Temperature of NOAA/NESDIS, 대한원격탐사학회지 10(2), pp.83~108.
- 박경운 외, 1988. 원격탐사자료 응용기술연구-한강 홍수위와 침수구역조사(Ⅲ), 과학기술처 특정연구개발사업 연구보고서 #BS N20410, 한국과학기술원, 83pp.
- 박종화, 1992. Landsat 녹색식생지수를 이용한 서울시 도시녹지 변화 조사, 대한원격탐사학회지 8(1), pp.27~44.
- 서동조, 박종화, 1990. 지리정보 체계를 이용한 안산시의 오픈스페이스 분석, 대한원격탐사학회지 6(2), pp.89~114.
- 서동준, 1991. On State Estimation Using Remotely Sensed Data and Ground Measurements-An Overview of some Useful Tools, 대한원격탐사학회지 7(1), pp.45~67.
- 시스템공학연구소, 1994. 원격탐사 시스템, 전문분야별 S/W 기술동향분석 및 연구기획 자료집(Ⅱ), 시스템공학연구소 기술정책동향자료-2, pp.139~200.
- 심태보, 장덕홍, 1989. 소/중형 컴퓨터를 위한 MCSST 소프트웨어 개선에 관한 연구, 대한원격탐사학회지 5(1), pp.41~56.
- 안충현, 이용국, 유홍룡, 오재경, 1989. 위성자료의 한국 금강하구 부근 조간대 지형 연구에 대한 응용, 대한원격탐사학회지 5(1), pp.1~12.
- 양영규, Miller, L.D., 1985. Correlation of Rice Grain Yields to Radiometric Estimates of Canopy Biomass as a Function of Growth Stage, 대한원격탐사학회지 1(1), pp.63~87.
- 양영규, 1995. 리모트센싱기술의 농업적 이용, 한국관개배수, 한국관개배수위원회 논문집, 제2권2호, pp. 176~183.
- 연상호, 1986. 원격탐사 기법에 의한 서울, 대전, 인천지역 토지이용 분류연구, 대한원격탐사학회지 2(2), pp.69~77.
- 유홍룡, 1986. Three Dimensional Study of the Tidal Flat Geomorphology in the Kum River Estuary by Multidate Image Analysis, 대한원격탐사학회지 2(2), pp.95~105.
- 이규석, 1991. 관계형 데이터베이스 토지정보체계를 이용한 포괄적인 토양적지 평가모델 수립, 대한원격탐사학회지 7(1), pp.1~2.
- 이규성, 1994. Vegetation Cover Type Mapping Over The Korean Peninsula Using Multi-temporal AVHRR Data, 한국임학학회지 83(4), pp.441~449.
- 이태신, 정종률, 오임상, 1993. AVHRR자료를 이용한 지형류의 추정과 그 적용, 대한원격탐사학회지 9(1), pp.79~93.
- 이상훈, 김경숙, 1994. Adaptive Reconstruction of AVHRR NVI Sequential Imagery off Korean Peninsula, 대한원격탐사학회지 10(2), pp.63~82.
- 이희훈, 서애숙, 1987. 극궤도 기상위성 NOAA-9호의 AVHRR CH4 data로부터 해수면온도 산출과정에 관한 연구, 대한원격탐사학회지 3(1), pp.41~54.
- 조명희, 1994. 위성영상과 지리정보시스템을 이용한 라오스 루앙프라방 지역의 화전지역 분석, 대한원격탐사학회지 10(1), pp.43~54.
- 조명희, 1995. 원격탐사자료와 GIS를 이용한 라오스 남칸유역분지의 토지이용평가 및 미작 적지 분석. 대한원격탐사학회지 11(1), pp.1~18.
- 조성익, 박경운, 최규홍, 최원식, 1986. Landsat 영상과 DTM자료의 하천유역 해석에서의 응용기법 개발, 대한원격탐사학회지 2(2), pp. 117~131.
- 지광훈, 1991. 지하수 부존 가능지역 추출을 위한 Landsat TM 자료와 GIS의 통합(Ⅰ)-Landsat TM자료에 의한 지하수 부존 가능지역 추출, 대한원격탐사학회지 7(1), pp. 29~43.
- 지광훈, 1992. 지하수 부존 가능지역 추출을 위한 Landsat TM 자료와 GIS의 통합(Ⅱ)-Landsat TM자료에 의한 지하수 부존 가능지역 추출, 대한원격탐사학회지 8(1), pp.

- 45~58.
- 지광훈, 1994. A Study on the Extraction of Groundwater Potential Area Utilizing the Remotely Sensed Data, 대한원격탐사학회지 10(2), pp.109~120.
- 지광훈, 강필중, 조명희, 1986. Landsat MSS 영상에 의한 자연 소택지의 식생분류, 대한원격탐사학회지 2(1), pp.13~21.
- 한원식 외, 1991. 원격탐사를 이용한 주요농작물 생산량예측연구(Ⅲ), 과학기술처 특정연구개발사업 연구보고서, 농촌진흥청, 53pg
- ASPRS 1995. Land Satellite Information Extraction: Past, Present, and Future. Proceedings of Conference on Land Satellite Information in the Next Decade, Sponsored by ASPRS, NASA, NOAA, USGS, pp. IV 56~IV 65.
- Bacci, L., Conese, C., Maselli, F., Zienna, P and Zipoli, Z., 1989. Risk Map Due to Agricultural Pollutants: A First Result, In Proc. of the International Conference and Workshop on Global Natural Resource Monitoring and Assessments: Preparing for the 21st Century, International Union of Forestry Research Organization and FAO, Sep. 1989. pp. 514~515.
- Crist, E.P. and Cicone, R.C., 1984. Comparison of the Dimensionality and Features Simulated Landsat-4 MSS and TM Data, Remote Sensing of Environment, Vol.14, pp. 235~246.
- Ferber, D., Wolf, S. and Nowak, P., 1994. Using GIS to Analyze Agrichemical Dealer Practices and Agrochemical Use, In Proc. of GIS/LIS '94, pp. 282~294.
- Horler, D.N. and Ahern, F.J., 1986. Forestry Information Content of Thematic Mapper Data, International Journal of Remote Sensing, Vol.7, pp. 405~428.
- James, C.E., 1982. Remote Sensing as An Environmental Monitoring Tool, Remote Sensing for Resource Management, Eded. by C.J. Johannsen and J.L. Sanders, SCSA, pp. 544~553.
- JARS, 1993. Remote Sensing Note, Japan Association on Remote Sensing(JARS), 284 pg.
- Jensen, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing—A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, New Jersey, 316 pg.
- Johannsen C.J. and J.L. Sanders, 1984. Remote Sensing for Resource Management, Soil Conservation Society of America, 665 pg.
- Nadler, M. and Smith, E., 1993. Pattern Recognition Engine, John Wiley & Sons, New York, pg. 588.
- OTA, 1994. Civilian Satellite Remote Sensing—A Strategic Approach, Office of Technology Assessment(OTA), Congress of the United States, 166pg.
- Richards, John A. 1986. Remote Sensing Digital Image Analysis—An Introduction, Springer—Verlag, 280pg.
- Schalkoff, R.J., 1992. Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches, John Wiley & Sons, New York, pg. 364.
- Szekielda, Karl-Heinz 1988. Satellite Monitoring of the Earth, John Wiley & Sons, 326pg.
- Wiegand, C.L., Richardson, A.J., and Kanemasu, E.T., 1978. Leaf Area Index Estimates for Wheat from Landsat and Their Implications for Evapotranspiration and Crop Modelling, The LACIE Symposium, Proceedings of the Technical Session, pp.336~342.

약 력

양 영 규



1972. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
1974. 서울대학교 환경대학원 환경계획 석사
1984. Texas A & M University 원격탐사(영상처리) 박사
현재 KIST 시스템공학연구소 인공지능 연구부장 겸 지구환경정보 연구부장