

식생지수를 이용한 환경영향평가

한의정, 김명진, 이재운, 김상훈, 홍준석, 서창원*

국립환경연구원 환경보건연구부 영향평가과

*서울대학교 조경학과

Environmental Impact Assessment Using Vegetation Index

Eui-Jung Han, Myung-Jin Kim, Jae-Woon Lee

Sang-Hun Kim, Jun-Suk Hong, Chang-Wan Seo

EIA Div., Environmental Health Research Dept., NIER

*Dept. of Landscape Architecture, Seoul National University

Abstract

Vegetation Index (VI) derived from remote sensing data is used to assess ecosystem factor in Environmental Impact Assessment (EIA) process. Ecosystem factor has been prepared by Degree of Green Naturality (DGN) mainly in Environmental Impact Statements. But DGN has room for improvement of assessing actual ecosystem situation. The objectives of this study are to define the relationship between field measure DGN and VI, and to develop methodologies to use VI for assessing the status and conditions of natural ecosystem. For verification of DGN and VI, 35 sites using global positioning system are selected and reviewed. Correlation coefficients of DGN and VI shows highly as 0.69. Also VI in EIA found it can be applied to assess ecosystem. It concluded that VI as well as DGN can be applied to assess ecosystem newly and largescale.

keywords: Vegetation Index (VI), Remote Sensing (RS), Environmental Impact Assessment (EIA)

Degree of Green Naturality (DGN), Global Positioning System (GPS)

I. 서론

환경영향평가서를 작성할 때 식생의 평가는 주로 녹지자연도에 많은 부분 의존하고 있다¹⁾. 환경영향평가서

검토요령집에서도 식물상과 식생은 생태계 전문가가 참여한 현존 식생도 및 녹지자연도를 제시하되 환경부 조사와 맞지 않을 경우 원인 규명후 임상양호지역(녹지자연도 8등급 정도)은 보전대책을 수립하도록 되어있다¹¹⁾.

이와같이 녹지자연도는 식물상 평가에 중요한 기준으로 되어있으나, 현재 녹지자연도는 조사시점이 다르므로 현시점과는 차이가 나타날 경우가 있고 광역적(1km×1km)으로 조사된 자료이므로 현상황을 충분히 반영한다고 보기는 어렵다. 따라서, 원격탐사자료를 이용하면 최근의 식생현황을 보다 상세하게 넓은 지역에 대해서 손쉽게 평가 할 수 있는 장점이 있다. 또한, 몇몇의 전문가가 짧은 기간동안 넓은 면적의 식생을 조사하여 발생 할 수 있는 오류⁵⁾를 줄일 수 있는 장점도 있다.

녹지자연도와 관련한 연구로서 녹지자연도의 적용방법 및 개선방향⁵⁾,⁸⁾에 대하여 연구되고 있으며, 식생지수를 이용한 국내외의 연구는 식생지수와 토지이용자료 등을 사용한 녹지의 변화⁴⁾,⁶⁾, 식생지수에 의한 산림지역의 분류³⁾, 식생지수를 사용한 작물의 생산량 예측¹⁵⁾,²⁴⁾, 식생지수 산정에 관한 기법 연구¹⁶⁾,²¹⁾, 지구규모의 식생지수 산정¹³⁾,¹⁸⁾, 열대지방의 산림 감시¹⁹⁾ 및 임령의 산출²⁰⁾에 관한 연구 등이 이루어지고 있다. 그러나, 식생지수를 녹지자연도 및 환경영향평가시의 식생평가와 관련하여 분석한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 환경영향평가 과정에 있어서 녹지자연도와 식생지수를 비교하여 식생지수의 활용가능성을 검토하고, 녹지자연도에 의존한 식물상의 평가방법을 개선하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

녹지자연도는 현존하는 식물군락을 인간 간섭의 정도에 따라 그 식물군락이 가지는 자연성의 정도를 인위적 범주에 따라 등급화하여 채색한 지도로 전 국토를 1km 단위로 나누어 약 10만개에 달하는 격자의 자연에 대한 인위적인 개발상황과 잔존 식물자원의 분량을 조사하여 식물군락의 종조성을 기준으로 삼아 0-10등급으로 판정하여 지도에 표시한 것이다¹²⁾.

식생지수는 식생이 함유하고 있는 클로로필때문에 녹색을 띠고 있는 식물의 경우 일반적으로 가시광선 영역의 녹색(0.5~0.6 μ m)에서는 약간 높은 반사율을 나타내며 적색(0.6~0.7 μ m) 파장대에서는 거의 반사가 없으며, 근적외선(NIR : Near Infrared, 0.7~1.3 μ m) 파장대에서는 50%이상의 높은 반사율을 나타낸다. 이러한 반사특성과 관련하여, 식생밀집도 등을 추정할 수 있도록 계산식으로 나타낸 지수이다²⁾.

식생지수를 구하는 방법은 여러가지 있을 수 있지만, 비율, 차, 선형 조합 등의 방법이 있는데 비율과 차이를 나타내는 방법과 TVI(Transformed Vegetation Index), Tasseled Cap(전체 밴드사용)등 여러가지 변환식이 사용된다. 식생지수는 광범위한 지역을 원격탐사자료의 공간적 해석범위(Landsat의 경우 30m×30m)내에서 체계적으로 평가 할 수 있는 장점이 있다. 식생지수의 산출은 1994년 5월 9일에 수신된 LANDSAT TM 영상을 일본의 RESTEC (Remote Sensing Technology Center)에서 입수하여 사용하였다. 분석은 ERDAS사의 Imagine 8.1 소프트웨어를 이용하여, 간단하게 사용할 수 있으며 식생의 모니터링에 많이 사용되는 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index : 이하 식생지수)¹⁷⁾를 구하여 통계분석에 이용하였다.

식생지수(NDVI)는 -1 부터 +1까지의 값으로 분포하는데¹⁴⁾, 분석에 사용하기 위해서는 256단계 값으로 바꾸어 주는 것이 편리하므로 다음과 같은 계산 식을 사용하여 256단계 값으로 변환하여 사용하였다.

$$NDVI = \left(\frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3} + 1 \right) \times \frac{255}{2}$$

녹지자연도와 비교분석을 위해서는 위성자료의 30m×30m의 해상도를 1km×1km 크기로 변환하여야하므로 1km×1km 안에있는 30m×30m의 격자들에 대한 식생지수 값을 평균하여 대표 값으로 취하는 방법²³⁾을 사용하였다.

식생지수 계산시 고려하여야 할 부분으로 이미지 자체에 포함되어 있는 오차의 보정이다. 즉, 대기효과 및 지형과 태양의 위치에 의해서 생기는 오차 등이 고려되어야 한다.³⁾

연구지역의 추출 및 중첩분석은 지리정보체계 소프트웨어인 ARC/INFO 6.1.2를 이용하였고, 식생지수와 녹지자연도를 산포도, 분산분석, 상관분석 등 통계방법을 이용하여 비교분석하였다. 또한, 연구지역의 현지상태를 GPS(Global Positioning System) 좌표 측정과 현지답사를 통하여 그 지점의 식생지수, 녹지자연도 등급과 비교하였다. 측정에 사용된 장비는 모토롤사의 휴대용 GPS기인 TAXAR이다.

통계분석에 사용된 지역은 울산도시계획구역에 들어 있는 중구, 남구, 동구와 울주구의 농소면, 온산면, 서생면, 청량면, 범서면, 온양면 등 511.8km²으로⁷⁾, 경계선지역부분이 격자로 바뀌면서 지역이 떨어져 나가 실제 분

석 면적은 501km²로 나타났다. 이 지역 녹지자연도등급은 0, 1, 2, 4, 6, 7 등으로 나타났다.

통계분석방법은 상관분석, 분산분석을 통하여 비교하였으며, 상관분석 방법으로는 인위적인 녹지자연도를 식생지수와 비교하기 위하여 비모수 통계 기법인 스페어만 순위상관 관계를 구하였으며 등급간의 차이를 알아보기 위하여 분산분석을 시행하였다. 스페어만 순위상관관계는 주로 정확하게 측정하기 어려운 서열척도로 측정된 변수들간의 관계를 통계적으로 분석하기 위해서 사용되며 다음과 같은 공식을 사용한다.

$$\gamma_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

d_i : 두변수간의 순위의 차

n : 표본의 갯수

γ_s : 스페어만 순위상관계수

연구수행 모형도는 Figure 1과 같다.

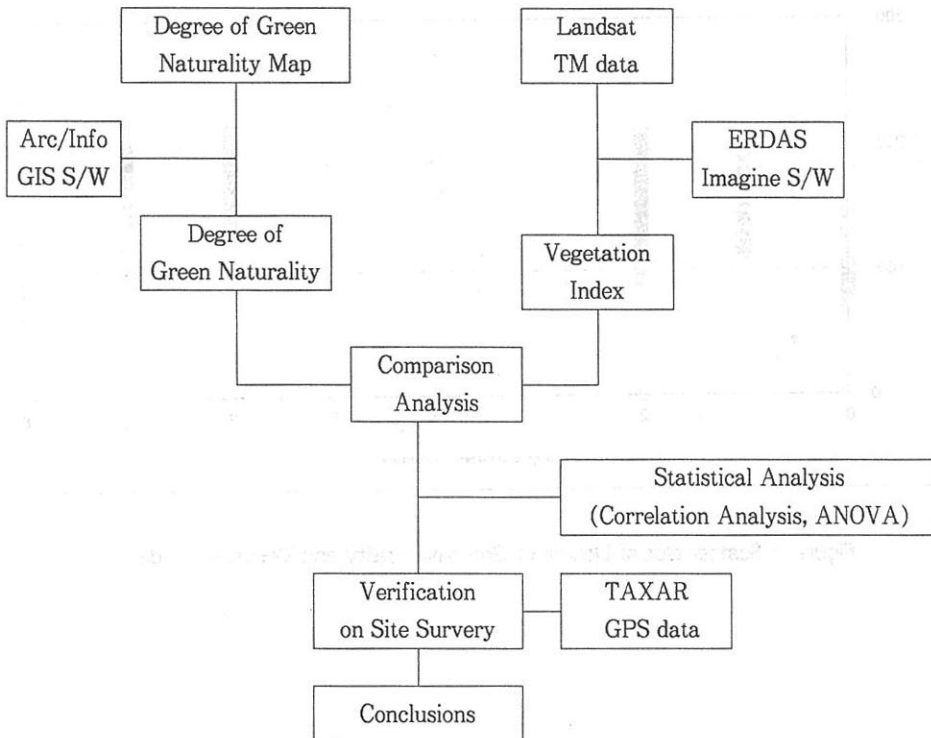


Figure 1. Research model for Vegetation Index application in Environmental Impact Assessment

1. 식생지수와 녹지자연도의 상관 분석

식생지수와 녹지자연도의 산포도(Figure 2)를 그려보면 등급에 따른 식생지수값은 분포가 넓고, 1에서 68개의 값이 존재하지 않으며, 첨도는 -1.686으로 완만하다. 또한 왜곡도는 -3.20으로 정규분포하지 않는 것으로 나타났다. 경향선을 그어보면 녹지자연도가 높아짐에 따라 식생지수도 증가 함을 알 수 있다. 식생지수는 녹지자연도가 2등급일 때는 150미만과 150이상 값이 58개와 62개로 비슷한 비율로 나타나는데, 녹지자연도 2등급은 경작지부분으로 사용된 이미지가 봄철의 이미지이므로 식생지수가 높은 값들이 분포할 조건이 된다. 남쪽지방인 울산에는 1994년에는 맥류의 과종면적이

1993년보다 넓었으며⁷⁾, 하우스의 작물 등이 이시기에 하우스가 제거되므로 높은 식생지수값을 나타낼 수 있다. 또한, 과수도 식생지수 값을 높게 나타내지만 토양의 반사값에 의해서 발생하는 오차도 생각할 수 있다. 녹지자연도 6등급과 7등급에 식생지수는 170이상 값에서 각각 90개와 147개가 분포하고 있다.

상관관계는 서열순위 상관관계를 구하는 스페어만법으로 구하였으며, 0.69(유의도 0.000)로 통계적으로 높게 나타났다(Figure 3의 (a), (b), (c) 참조).

분산분석 결과 Table 1, 2와 같이 전체적으로 값들의 분산이 높지만, 등급이 높아짐에 따라 그룹의 평균값이 증가하고 등급간의 차이를 나타내고 있다. ($F=110.802$, $p=0.0000$)

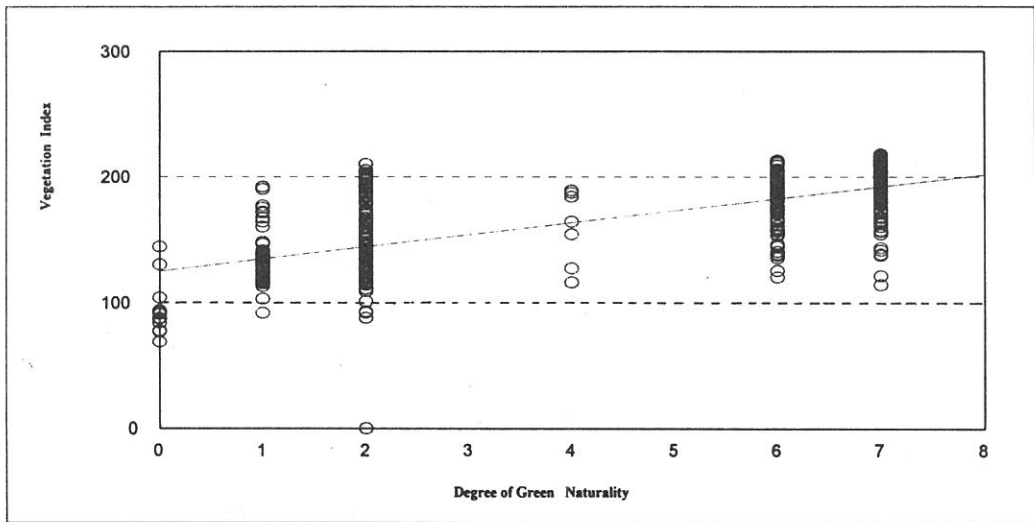


Figure 2. Scatter plot of Degree of Green Naturality and Vegetation Index

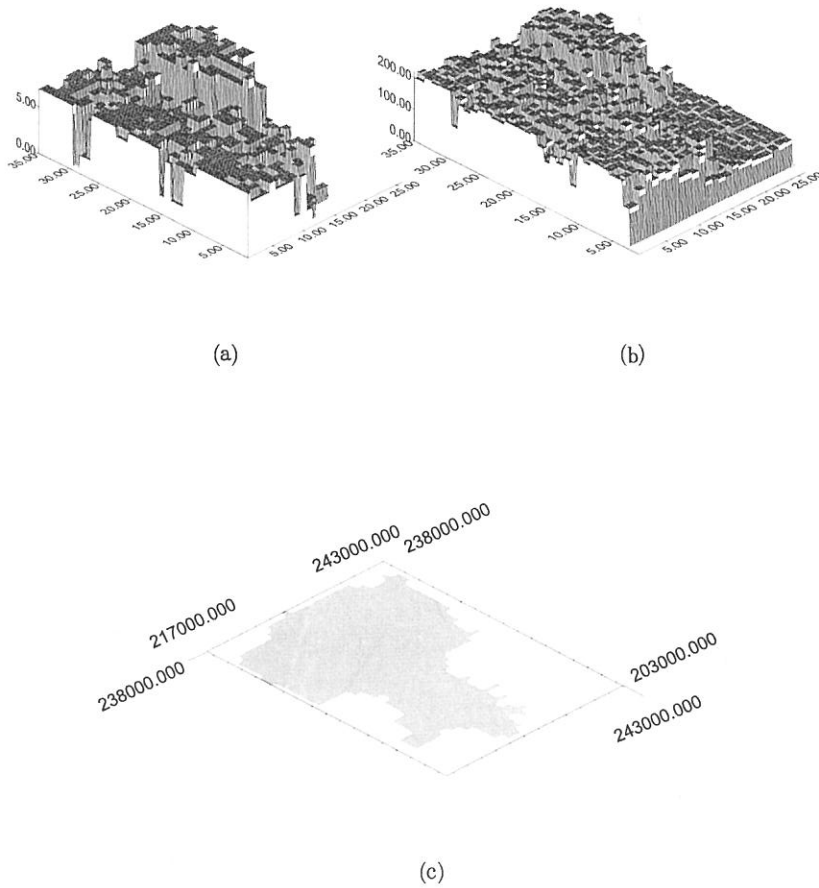


Figure 3. Degree of Green Naturality and Vegetation Index

(a : 3D plot of Degree of Green Naturality, b : 3D plot of Vegetation Index, c : Anlysis region for TM coordinate)

Table 1. Average of Vegetation Index Values for Each Group of DGN

Degree Component	0	1	2	4	6	7
Mean	94.38	131.64	152.10	160.14	181.23	191.40
Number of Grid	16	74	120	7	115	169

Table 2. Analysis of Variance Table for VI and DGN

Source	Sum of Mean Squares	Degree of Freedom	Mean Squares	F	F Probability
Between Groups	327757.3794	5	65551.4759	110.802	0.0000
Error	292847.6547	495	591.6114		
Total	620605.0339	500			

녹지자연도에 따른 식생지수의 차이를 알아보기위하여 던컨테스트(DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST)를 행하여 유의 수준 0.01에서 검증하였다. 그룹 2와 그룹 4, 그룹 6과 그룹 7이 차이가 나지 않았다(Table 3 참조). 즉, 녹지자연도 2와 4등급, 6과 7등급에 분포하고 있는 식생지수의 평균은 차이가 나타나지 않았다. 이는 샘플 숫자뿐만아니라 녹지자연도의 정의, 이미지와 녹지자연도의 조사시점때문에 이러한 결과가 나타났다.

2. 식생지수의 활용성 검토

GPS 측정지점은 녹지자연도 등급과 식생지수 등급이

잘 일치하지 않는 부분을 대상으로 현지의 식생상태를 파악하기 위하여 분석지점내의 35개지점을 측정하였다. 현장답사된 지점의 현지상황과 녹지자연도 등급과 식생지수를 Table 1에 나타난 평균을 기준으로 비교하였다.

각지점에서 현지상태와 식생지수가 일치하면서 녹지자연도와 일치하지 않는 지점인 월봉사 지역은 녹지자연도가 만들어진 이후 개발된 지역으로 추정된다. 도솔암, 송정저수지 등 식생이 최근에 훼손된 지역은 녹지등급과 식생지수 모두 현지상태와 일치하지 않았다(Table 4 참조).

Table 3. DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST for VI and DGN (Significance=0.01)

Mean	Group	Group 0	Group 1	Group 2	Group 4	Group 6	Group 7
94.3750	Group 0						
131.6351	Group 1	○					
152.1000	Group 2	○	○				
160.1429	Group 4	○	○				
181.2348	Group 6	○	○	○	○		
191.3964	Group 7	○	○	○	○		

Table 4. Field Survey Sites Using Gopal Positioning System

Site	Status	Degree of Green Naturality	Vegetation Index
Weolbongsa	Building, Road and Forest	6	154
Songung lake	Lake	2	128
Dosolam	Road and Paddy	4	158
Dogogsa	Building and Forest	2	128

IV. 결론 및 제언

원격탐사자료를 이용하여 울산지역의 식생지수를 도출한 결과는 녹지자연도 등급이 높아짐에 따라 식생지수가 증가하였고, 등급간의 차이를 나타내었다. 환경영향평가지 식생을 평가하기 위해서 원격탐사자료를 이용한 식생지수 방법이 녹지자연도상의 문제를 보완할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나, 식생지수를 이용한 녹지자연도의 보완은 사계절 중 한계절 자료를 이용할 경우 농경지 및 1년생 식물 등이 5등급 이상의 식생으로 나타나는 등 원격탐사자료 사용시 해석상의 오류가 있을 수 있다. 또한 녹지자연도 2등급과 4등급, 6등급과 7등급 등 녹지자연도의 등급의 차이가 식생의 양이 아닌 녹지자연도의 정의에 의해서 정해지는 부분은 차이가 나지 않았다. 식생지수도 정의에 있어서 임령이나 수종, 군락등의 부분이 들어있으므로, 식생지수 산출시 고려되어야 할 부분이다. 따라서, 현지 답사에 있어서도 등급별 해당 격자 빈도수에 비례하여 대조 표본지역을 추출하여 녹지자연도와 식생지수를 비교 및 검토하거나 식생지수 산출식의 검증에 위해서 보다 적은 면적에 격자들을 모두 답사하여 고찰 되어져야 한다.

앞으로 계절별 인공위성자료, 위성도, 항공사진, 정밀 GPS기기 등을 이용하여 현황보정과 임령의 산출, 수종

분류 등에 대한 지속적인 연구가 진행되어야하며, NDVI뿐만 아니라 TVI, Tasseled Cap, SAVI(Soil Adjusted Vegetation Index) 등 다른 식생지수에 대해서도 녹지자연도와 관련하여 검토가 이루어져야 할 것이다. 또한 식생지수의 산출에 있어서, 이미지에서 경사 및 대기의 차단으로 인한 반사값의 왜곡에 대한 보정방법 등도 연구되어져야 할 것이다. 앞으로 지속적인 연구들이 진행된다면 환경영향평가지 현시점의 자료를 반영하여 식물상과 식생의 평가방법을 개선할 수 있으며, 녹지자연도 작성시에도 참고 자료가 될 것이다.

참고 문헌

1. 강인구의 6인, 1993, 환경영향평가서 분석 자료집, 국립환경연구원, 환경보건연구부 영향평가담당관실, 46-47.
2. 강필중의 7인, 1988, 원격탐사자료 응용기술 연구(Ⅲ), 과학기술처, IV, 51-92.
3. 김철민, 1991, LANDSAT TM 데이터와 수치지형 모델을 이용한 산림분포해석에 관한 연구 -금오산지역을 중심으로-, 서울대학교 대학원박사학위 논문, 27-35, 68.
4. 문현생의 5인, 1995, 인공위성자료를 이용한 환경영향평가: 토지이용변화를 중심으로, 환경영향평가,

- 4(2) : 23-38.
5. 박재현, 1994, 우리나라의 녹지자연도와 일본의 녹지 자연도 고찰, 자연보존, 87 : 7-13.
 6. 박종화, 1995, 위성자료를 이용한 서울시 도시녹지의 평가기법 연구 : 북한산 국립공원 주변부 탐지, 원격 탐사 학회지, 11(3) : 71-81.
 7. 울산시청, 1994, 1995, 울산시통계연보.
 8. 이경제, 1996, 생태계 특성과 평가기법의 개선방향, 환경영향평가 내실화를 위한 세미나(프로시딩), 17-24.
 9. 채서일, 김범중, 1989, SPSS/PC+를 위한 통계분석, 37-43, 66-77, 182-184, 법문사.
 10. 최송현, 이경제, 1996, 환경영향평가중 삼림생태계 평가 기법 개발 (II) : 녹지의 자연성 평가, 환경영향평가, 5(2) : 33-47.
 11. 환경부, 1994.7, 환경영향평가서 검토요령집, 47.
 12. 환경처, 1991, 녹지 자연도.
 13. Achard F. and C. Estregui, 1995, Forest Classification of Southeast Asia Using NOAA AVHRR Data, Remote Sensing of Environment, 54 : 198-208.
 14. Asian Development Bank, 1991, Remote Sensing and Geographic Information System for Natural Resource Management, ADB Environment Paper No. 9, 21, 68-73.
 15. Benedetti R. and Paolo Rossini, 1992, On the Use of NDVI Profile as a Tool for Agricultural Statistics II, The Case Study of Wheat Yield Estimate and Forecast in Emilia Romagna, Remote Sensing Environment, 45 : 311-326.
 16. Elvidge, C. D. and Z. Chen, 1995, Comparison of Broad-Band and Narrow-Band Red and Near-Infrared Vegetation Indices, Remote Sensing Environment, 54 : 38-48.
 17. Lillesand T. M. and R. W. Kiefer, 1994, Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd ed, 506-507, 579, John Wiley, Canada.
 18. Matthews E., 1983, Global Vegetation and Land Use: New High-Resolution Data Bases for Climate Studies, Journal of Climate and Applied Meteorology, 22 : 474-487.
 19. Nichol E. Janet, 1995, Monitoring Tropical Rain Forest Microclimate, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 6(9) : 1159-1165.
 20. Niemann K. Olaf, 1995, Remote Sensing of Forest Stand Age Using Airborne Spectrometer Data, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 6(9), 1119-1127.
 21. Running S. W., Thmoas R. Loveland, et al, 1995, A Remote Sensing Based Vegetation Classification Logic for Global Land Cover Analysis, Remote Sensing Environment, 51 : 39-48.
 22. Sader Steven A. Steven, 1995, Spatial Characteristics of Forest Clearing and Vegetation Regrowth as Detected by Landsat Thematic Mapper Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61 (9) : 1145-1151.
 23. Star J. and J. Estes, 1990, Geographic Information System, 42-46, 151-153, Prentice-Hall International, U.S.A.
 24. Wiegand C. L., A. J. Richardson et. al, 1991, Vegetation Indices in Crop Assessments, Remote Sensing of Environment, 35 : 105-119.