

NOAA-AVHRR 자료를 이용한 1 km 해상도 벼논 피복의 간이분류법

구자민¹ · 홍석영² · 윤진일¹

¹경희대학교 생명자원과학연구원/농학과, 각종진흥청 농업과학기술원
(2001년 11월 2일 수락)

A Simple Method for Classifying Land Cover of Rice Paddy at a 1 km Grid Spacing Using NOAA-AVHRR Data

Ja-Min Koo¹, Suk-Young Hong² and Jin I. Yun¹

¹Department of Agronomy/Institute of Life Science and Natural Resources,
Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea

²National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea
(Manuscript accepted November 2, 2001)

ABSTRACT

Land surface parameterization schemes for atmospheric models as well as decision support tools for ecosystem management require a frequent updating of land cover classification data for regional to global scales. Rice paddies have not been treated independently from other agricultural land classes in many classification systems, despite their atmospheric and ecological significance. A simple but improved method over conventional land cover classification schemes for rice paddy is suggested. Normalized difference vegetation index (NDVI) was calculated for the land area of South Korea at a 1km by 1 km resolution from the visible and the near-infrared channel reflectances of NOAA-AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Monthly composite images of daily maximum NDVI were prepared for May and August, and used to classify 4 major land cover classes : urban, farmland, forests and water body. Among the pixels classified as "forests" in August, those classified as "water body" in May were assigned a "rice paddy" class. The distribution pattern of "rice paddy" pixels was very similar to the reported rice acreage of 1,455 Myons, which is the smallest administrative land unit in Korea. The correlation coefficient between the estimated and the reported acreage of Myons was 0.7, while 0.5 was calculated from the USGS classification.

Key words : land cover classification, NDVI, rice, NOAA-AVHRR, land surface parameterization

I. 서 론

최근에는 위성자료를 이용하여 지표식생을 분류하고 그 변화를 감시하는 기술이 지역 혹은 지구생태계 관리차원에서 매우 중요하면서도 한편으로는 일상업무 정도로 보편화 되고 있다(Kogan, 2001). 지표식생은 토양, 대기와 함께 육상생태계를 구성하면서 각종 생물의 서식처로서뿐 아니라 에너지와 물질의 순환과정에서 극히 중요한 역할을 담당하고 있다. 한 예로 지구기후변화를 예측하기 위해 사용하는 대기대순환모형

이나 날씨예보에 사용되는 중규모모형 등 수치대기모형들의 신뢰도를 제고시키는데 필수적인 항목이 바로 지표식생정보이다(Sellers *et al.*, 1996; Oleson and Bonan, 2000). 대기와 접해있는 지표식생은 대기를 통해 전달되는 복사, 열, 바람에너지를 받아서 토양으로부터 흡수한 물을 대기중으로 방출시키며 대기로부터 직접 이산화탄소를 흡수하는 등 끊임없는 상호작용을 통해 대기의 성질을 변화시키고 있다. 이러한 변화의 정도는 식생의 종류, 발육단계, 생리상태 등에 의해 달라지므로 정확한 기후/날씨 예측을 위해서는 식

생의 지리적인 분포 나아가 식생에 대한 지속적인 감시가 필요하다.

이러한 요구에 부응하여 미국 지질청(U. S. Geological Survey: USGS)에서는 지구 육상생태계의 사방 1 km 간격 지표피복분류도를 제작하였는데(USGS-NASA, 1997), 분류에 사용된 원시자료는 미국 대기해양청 극궤도 기상위성 NOAA 시리즈에 탑재된 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 자료이다. NOAA-AVHRR 자료는 화소당 1.1 km×1.1 km의 공간해상도로서 저렴한 비용으로 단시간에 넓은 지역의 정보를 처리할 수 있는 장점이 있다. USGS의 분류방법은 AVHRR 자료로 부터 산출된 정규화편차 식생지수(normalized difference vegetation index: NDVI) 값의 분포특성에 기초하여 유사한 특성을 가진 몇 개 그룹으로 무감독 분류를 실시한 후, 표고, 식생도 등 보조자료를 참고하여 보다 세밀하게 분류하는 것이다.

우리 나라 육상생태계 가운데 중요한 부분을 점하고 있는 벼논은 재배기간 대부분을 담수상태에서 보내므로 대기하층에 미치는 영향이 다른 농경지와는 특별히 구분된다. 예를 들어 식물체로부터의 증산뿐 아니라 담수면으로부터의 증발에 의한 대기냉각과 수증기 공급, 중요한 온실기체인 메탄의 방출 등이 그것이다. 따라서 국내 지역생태계 연구를 위해서는 반드시 벼논의 지리적인 분포가 적절한 공간해상도의 수치지도 형태로 준비되어야 한다. 앞서 언급된 USGS의 전구 육상생태계 지표피복분류체계에서도 벼논을 독립된 분류항목으로 두지 않았을 뿐 아니라, 우리 나라 환경부에서 80년대와 90년대의 평균적인 한반도 지표피복을 1:50,000의 축척으로 분류하였으나, 역시 논은 독립항목으로 분류되지 않고 도시, 농지, 산림, 초지, 습지, 나지, 그리고 수역(water body)으로만 구분된다.

국내에서 논을 독립된 항목으로 두고 지표피복을 분류하는 경우는 그 목적이 조금 다르다. Hong *et al.* (2001)은 해상도가 낮은 NOAA-AVHRR 대신 해상도가 높은 Landsat-TM(Thematic Mapper) 자료를 이용하여 충남 당진군 일원의 벼논을 분류하였다. 이렇게 세밀한 피복분류는 대기-지표 관계나 생태계 연구를 위한 것이 아니라 지적도 작성, 작물재배면적 산출 등 경제적인 목적을 위한 것이 대부분이다. 환경부의 환경지리정보 기구에는 앞서 언급한 한반도 전역의 대부분 토지피복분류도 외에 경기도를 대상으로 Landsat-

TM 자료와 IRS-1C 자료를 이용하여 벼논을 포함한 23개 분류항목에 따라 1:25,000 축척의 중분류 토지피복분류도를 제작하였다. 국토면적이 좁고 지형이 복잡하며 따라서 지표피복의 변이가 심한 우리나라에서 1 km 이상의 공간해상도로 제작된 토지 피복분류도는 경제적인 목적으로는 이용가치가 적다. 하지만 보다 큰 규모에 영향을 받는 대기모형의 성능개선을 위해서는 수 m급의 고해상도 피복분류정보는 불필요하다. 특히 전국적인 규모로 식생의 경시변화를 감시하는 차원에서는 시의적절한 정보갱신이 필수적이거나 이런 세밀한 피복분류체계로서는 단기간에 전면적으로 정보를 갱신할 수 없다.

본 단보에서는 NOAA-AVHRR 자료에 근거하여 남한 내 벼논의 위치를 손쉽게 추정하는 방법을 소개한다. USGS에서 전 세계 육상생태계 피복분류도를 작성할 때 최종 사용목적에 따라 다양한 분류항목을 적용하였는데, 그 중 유일하게 “Global Ecosystems” 체계에서 “Rice Paddy and Field”가 독립된 분류항목으로 설정되어있다(Olson, 1994). 우리의 방법으로 분류한 결과를 USGS의 한반도 벼논 분류결과와 비교하고, 그 신뢰성을 농림부 통계자료에 의해 간접적으로 검증하였다.

II. 재료 및 방법

Hong *et al.*(2001)은 분광광도계를 이용하여 벼 군락의 시기별 분광반사특성을 지상에서 조사한 다음, Landsat-TM 자료와 비교함으로써 충남 당진군 지역을 대상으로 정밀한 벼논의 분류를 실시하였다. 이 과정에서 어떤 지역이 이앙기에 수체(water body)의 특징을 보이거나 출수기에는 무성한 식생의 특징을 보이는 곳이면 벼 재배지역으로 판정하였는데, 이 방법으로 추정된 당진군의 벼 재배면적을 1:25,000 지형도를 이용하여 검증한 결과 92%의 정확도를 얻었다고 하였다. 본 실험에서도 벼논의 시기별 분광특성차를 이용하되 Landsat-TM 대신 NOAA-AVHRR 자료를 기반으로 분류하고자 하였다. 기상청 원격탐사과로부터 1999년 5월과 8월의 한반도 NOAA-AVHRR 자료를 제공받아 Imagine 8.4 화상분석 소프트웨어(ERDAS, 1999) 상에서 다음과 같은 처리과정을 거쳐 벼논특성을 가진 화소를 추출하였다.

먼저 지상 기준점의 위치를 위성화상에서 동정하고

2차함수 변환에 의해 화상등록을 실시하였으며, 평방근 오차(RMSE)가 0.5 화소 이내에 들도록 bilinear interpolation에 의해 재배열하였고, 최종화소의 크기를 1 km×1 km 해상도로 조정하였다. AVHRR의 다섯 개 채널 중 1번과 2번자료를 이용하여 NDVI를 계산하였다. NDVI는 전자기파장영역 중 가시광선과 근적외선대를 이용하는 다양한 식생지수들 가운데 가장 널리 이용되며, 상대적으로 지형의 영향을 덜 받는 것으로 알려져 있다(Lyon *et al.*, 1998). 다음단계에서는 화소별 최대값을 취해 중첩함으로써 월별 최대값 합성영상(maximum value composite)을 얻어 iterative self-organizing data analysis(ISODATA) 기법에 의해 유사한 특성을 가진 4개 그룹(도시, 삼림, 수역, 농경지)으로 나누었다. 각 그룹별 식생지수값을 비교해보면 수역은 0.1 이하, 삼림은 0.3 이상이었다. 마지막으로 8월에 삼림으로 분류된 화소들 가운데 5월에는 수역으로 분류되는 화소들만 발췌하여 벼논으로 간주하였다.

벼논으로 분류된 화소들을 읍면 단위로 취합하여 한 개 화소당 100 ha로 환산, 읍면별 벼 재배면적을 추정하였다. 이것을 농업총조사자료(MAF, 1996)에 수록된 읍면별 벼 재배면적자료와 비교함으로써 이 방법의 신뢰도를 간접적으로 검증하였다. 이때 USGS의

“Global Ecosystems” 분류체계에 의해 벼논으로 분류된 화소들을 같은 방법으로 읍면 단위로 취합하여 함께 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

이 방법에 의해 벼논으로 분류된 화소들의 지리적 분포를 농림부에서 발표한 읍면별 벼 재배면적 분포와 비교한 것이 Fig. 1이다. 농림부자료는 전국을 1,455 개 읍면으로 나누어 최소 공간단위인 각 읍면별 재배면적의 다소를 구역 전체의 흑백농담으로 표현하므로, 한 개 크기가 1 km², 즉 100 ha에 불과한 화소와 직접 비교하기는 어렵다. 그러나 같은 읍면 내에 분포되어 있는 화소의 밀도와 비교함으로써 그 정확성을 간접적으로 판단할 수는 있다. 육안으로 보아도 이 방법에 의해 추정된 벼논의 분포가 실제 읍면별 재배면적 분포와 흡사한 것을 알 수 있다.

보다 객관적인 비교를 위해 이 방법과 USGS 방법에 의해 벼논으로 분류된 화소들을 읍면단위로 취합하여 한 개 화소당 100 ha로 환산하고, 각각 농업총조사자료의 읍면별 재배면적자료와 비교한 것이 Fig. 2이다. 이 방법에 의한 추정값과 보고자료간 단순회귀

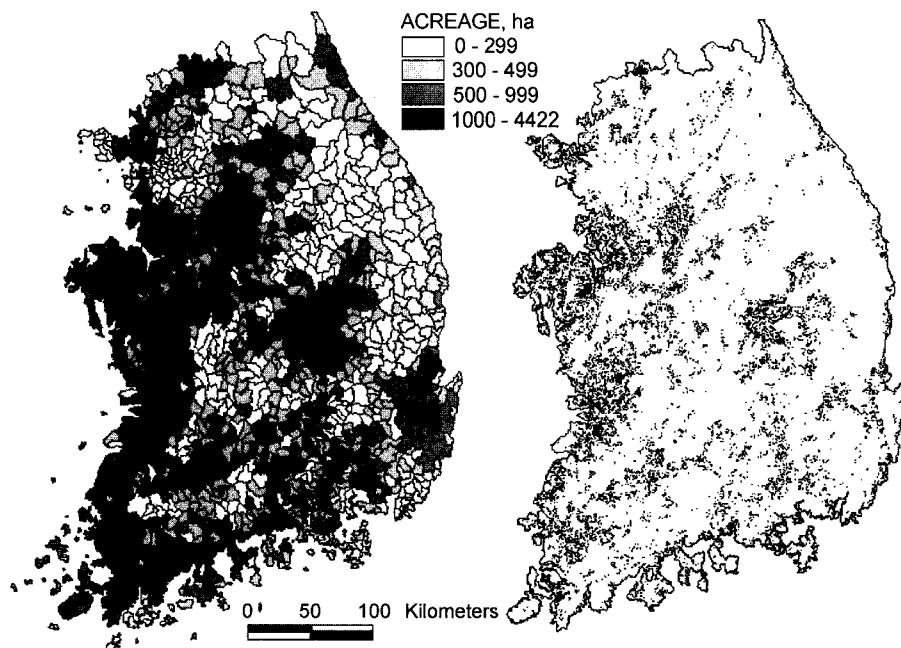


Fig. 1. Distribution pattern of rice paddies across South Korea predicted by NOAA-AVHRR data analysis (right). Reported acreage of each Myeon is also shown for comparison (left).

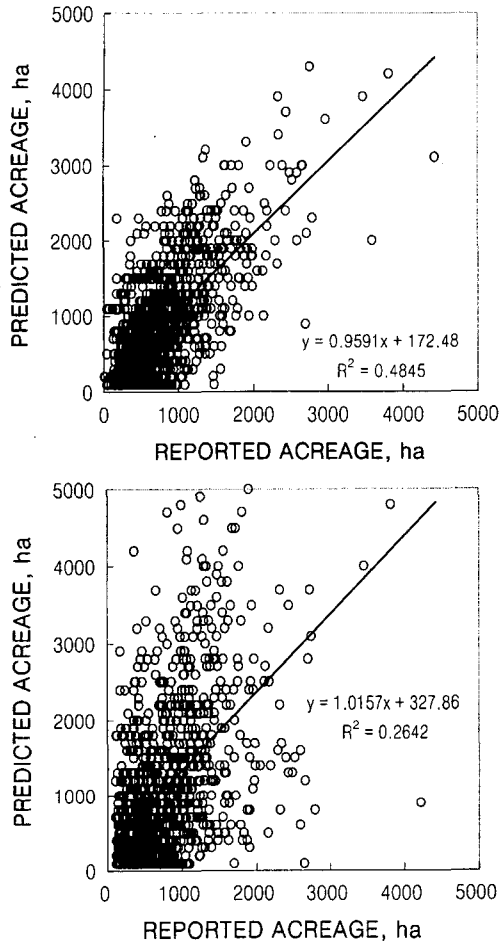


Fig. 2. Rice acreage of each Myeon, which is estimated by counting the pixels classified as rice paddies by our method (upper) and by the USGS method (lower), is plotted against the reported acreage.

식을 구해보면 그 결정계수가 0.4845로서 USGS 방법에 의한 회귀식의 결정계수 0.2642 보다 우월하였다. 또한 남한 총 벼 재배면적을 이 방법에 의해 계산해보면 1,164천 ha로서 실제값(1999년말 현재 1,153천 ha)에 근접하였지만, USGS 방법으로는 1,315천 ha로 과다추정 되었다.

IV. 적 요

기후변화 예측 및 영향평가, 수치지대기모형의 개선, 농업 및 산림생태계 관리 등 지역 및 지구규모에서 최선의 지표피복정보를 요구하고 있으나 NOAA-AVHRR을 이용하는 기존의 분류체계에서는 우리 나라

의 주요 식생인 벼논이 독립적으로 분류되지 못했다. Landsat-TM 등 상업적 위성자료를 이용할 경우 벼논의 정밀한 분류가 가능하나 갱신에 많은 노력과 시간이 필요하여 실용적이지 못하다. 본 실험에서는 쉽게 구할 수 있는 NOAA-AVHRR 자료를 사용하되, 벼군락의 시기별 분광특성차를 벼논피복의 검출에 이용하여 간단하면서도 신뢰성 있는 결과를 얻었다. 5월과 8월의 식생지수값의 지리적 분포특성에 근거하여 각각 유사한 특성을 가진 4개 그룹(도시, 삼림, 수역, 농경지)으로 나누고, 8월에 삼림으로 분류된 화소들 가운데 5월에는 수역으로 분류되는 화소들만 발체하여 벼논으로 간주하는 방법이다. 이 방법에 의해 벼논으로 분류된 화소들을 1,455개 읍면 단위로 취합하여 재배면적 및 그 분포를 농림부 통계자료와 비교한 결과 이 방법이 USGS의 분류방법 보다 정확하며 신뢰성이 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-221-002-5) 지원으로 수행되었다. 연구비 지원에 감사드리며 또한 위성자료 사용을 허락한 기상청 관계관에게도 감사드린다.

인용문헌

- ERDAS, 1999 : *Field Guide* (5th Edition), ERDAS Inc.
- Hong, S. Y., S. K. Rim, and K. S. Lee, 2001: Estimation of rice-planted area using Landsat TM imagery in Dangiin-gun area. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **3**(1), 5-15.
- Kogan, F. N., 2001: Operational space technology for global vegetation assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society* **82**(9), 1949-1964.
- Lyon, J. G., D. Yuan, R. L. Lunetta, and C. D. Elvidge, 1998: A change detection experiment using vegetation indices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **64**(2), 143-150.
- MAF, 1996 : *1995 Census of Agriculture* (CD-ROM). Bureau of Agricultural Statistical Information, Ministry of Agriculture and Forestry (KOREA).
- Oleson, K. W., and G. B. Bonan, 2000: The effects of remotely sensed plant functional type and leaf area index on simulations of boreal forest surface fluxes by NCAR land surface model. *Journal of Hydrometeorology* **1**, 431-446.
- Olson, J. S., 1994: *Global Ecosystem Framework - Defini-*

- tions. USGS EROS Data Center Internal Report, Sioux Falls, SD, U.S.A., 37pp.
- Sellers, P. J., D. A. Randall, G. J. Collatz, J. A. Berry, C. B. Field, D. A. Dazlich, C. Zhang, G. D. Collelo, and L. Bounoua, 1996: A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part 1: Model formulation. *Journal of Climate* **9**, 676-705.
- USGS-NASA. 1997: *The Global Land Cover Characteristics Database*. EROS Data Center, DAAC [Available online at <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/glcc.html>]