

북한 황해남도지역 농업용수 수요량의 추정

Estimation of Agricultural Water Demand in Hwanghae South Province, North Korea

장 민 원* · 정 하 우(서울대)

Jang, Min Won · Chung, Ha Woo

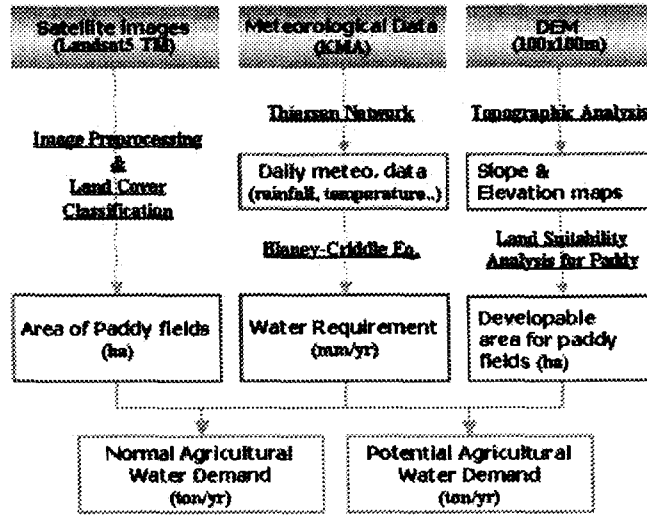
Abstract

The purposes of this study were to determine an algorithm for estimating agricultural water demand of remote sites using remote sensing data and to apply it to Hwanghae South Province and estimate the present and potential water demand for agriculture use. 3 Landsat-5 TM images and DEM(100x100m) were used for classification of the existing land cover and land suitability analysis for paddy fields. Also, 20 years meteorological data of North Korea were used for calculating the potential evapotranspiration by Blaney-Criddle eq. and net water demand. The results showed that the present and potential agricultural water demand and the developable area for paddy fields is about 89,300ha.

I. 서 론

북한지역 농업은 대부분 서해안지역에 집중되어 있으며, 논농사의 경우에 특히 황해남도를 포함한 서해 남부지역에서 발달한 것으로 알려져 있다. 1984년 북한이 발표한 조선지리전서에 의하면 황해남도 지역의 면적은 약 829,4천ha로서 전체 북한 면적의 약 7%에 그치고 있지만, 농경지 면적은 약 330천ha로 전체 농경지의 약 17%를 차지하였고, 논면적만 보면 전체 논면적 585천ha(통계청, 1996년)의 약 26%(150천ha)가 이 지역에 있다. 실제로 유(1996) 등은 북한지역의 기상자료를 바탕으로 북한을 7개 농업지대로 구분하였고 평양을 비롯한 북부평야지대와 더불어 황해남도 서해남부지대를 논농사에 가장 적합한 지역으로 평가하였다.³⁾ 이러한 황해남도 지역의 식량생산기저로서의 중요성 때문에 북한정부는 이 지역 농경지개발과 관리에 지속적인 노력을 기울여 왔고, 향후 통일을 대비한 농업생산기반사업도 가장 우선하여 시행될 것으로 예상할 수 있다. 따라서, 이 지역의 개발가능한 농경지 면적과 그에 따른 농업용수 수요량을 미리 예측하는 것은 향후 사업수립에 있어 좋은 참고자료가 될 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구에서는 최근 활발하게 이용되고 있는 원격탐사와 GIS기술을 이용하여 원격지 농업용수 수요량 추정의 방법을 제시하고, 황해남도 지역의 기존 논면적과 향후 개발가능한 논면적을 추정하여 각각의 농업용수 수요량을 추정하였다.



<Fig. 1> Algorithm of agricultural water demand estimation.

II. 연구방법

연구지역의 현재 논농사 면적과 개발가능한 면적을 추정하기 위하여 위성영상과 수치고도자료를 사용하였고, 북한지역 27개 기상관측소에서 관측한 기상자료를 사용하여 5월부터 9월까지 논에서의 필요수량을 계산하였다.

먼저 자료의 전처리 과정을 거쳐 위성영상을 이용한 토지피복분류를 하였고 인접 6개 기상관측소로부터 면적이중평균에 의한 기상자료를 선정하여 현재의 농업용수 수요량을 계산하였다. 그리고 북한 100x100m DEM으로부터 경사와 고도에 따라 논농사 적지를 선정하고 개발가능면적을 산출한 다음, 추가 농업용수 수요량 발생을 모의하였다.(<Fig. 1> 참조)

가. 자료수집과 전처리

1) 위성영상

북한의 황해남도 지역의 공간해상도 30m Landsat-5 TM 영상 3장을 일본 NASDA로부터 제공받았고, 각각은 다음 <Table 1>과 같다. 위성영상의 기하보정(geometric correction)과 영상등록(image rectification)을 위하여 구소련의 1:200,000 북한 지형도와 1:25,000 남한 지형도를 사용하였다.

<Table 1> Specifications of Satellite images

위성 & 센서	Path/Row	Date	Cloud	Sun Azimuth	Sun Elevation
Landsat5-TM	116/34	1996/09/01	1 %	128°	50°
Landsat5-TM	117/33	1999/08/16	0 %	129.48°	56.67°
Landsat5-TM	117/34	1999/08/16	0 %	126.36°	56.33°

2) GIS자료

<Table 2> Specifications of GIS data

자료명	자료형태	좌표계	비고
도행정경계도	Polygon	UTM Clark1866 52N	1:50,000 시험지역 추출
수치고도자료(DEM)	DEM	UTM Clark1866 52N	100x100m 위성영상 지형보정과 적지분석
기상관측소 위치도	Point	UTM Clark1866 52N	티센망(Thiessen Network) 작성

3) 기상자료

기상청은 세계기상통신망(GTS)으로부터 북한지역 27개 측후소의 기상자료를 받아 유료로 서비스하고 있다. 본 연구에선 1995년에 발간한 「북한기상 20년보」와 남포, 용신, 사리원, 해주, 개성, 신계 등 여섯 기상관측소 전산자료를 구입하여 사용하였다.

나. 농업용수 수요량의 산정

농업용수 수요량이란 논에서의 순용수량 혹은 조용수량을 의미하는데, 순용수량(WR_{Net})은 다음의 식 (1)과 같이 계산한다.²⁾⁶⁾⁹⁾

$$WR_{Net} = ETa + IF - ER \quad (1)$$

여기서, ETa는 작물의 소비수량, 즉 증발산량(evapotranspiration)으로 잠재증발산량과 작물 계수의 곱으로 계산한다. 그리고 IF는 침투량(infiltration) 그리고 ER은 유효우량(effective rainfall)으로 정의한다.

1) 잠재증발산량(Potential Evapotranspiration)

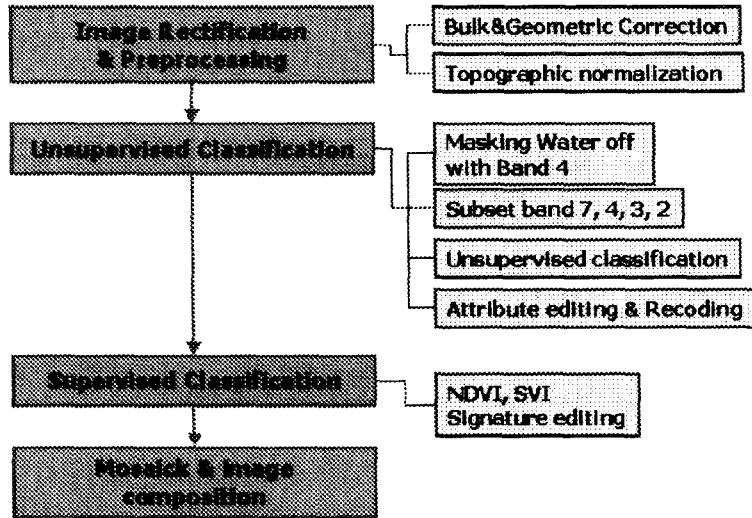
최근에 가장 보편화된 방법은 Penman-FAO 식을 이용하는 것이지만, 북한 기상항목이 충분치 않으므로 Blaney-Criddle 식으로부터 잠재증발산량을 계산하였다. Blaney-Criddle 식(1950)은 과거 우리나라에서 농업용수 개발계획의 증발산량 산정공식으로 널리 사용되어 왔으며, 일평균온도만으로도 잠재증발산량 계산이 가능하다.

2) 침투량(Infiltration; IF)

논에서의 침투량은 토양의 특성과 논외 포장조건, 제염조건, 지하수위 등에 따라 일별로 변화한다. 그러나 본 연구 지역에서 토양자료를 구할 수 없기 때문에 기존의 연구에서 보편적으로 적용하는 5 mm/day로 가정하였다.

3) 유효우량(Effective Rainfall; ER)

유효우량은 관개기간 중 발생한 강우의 일부 또는 전부가 경작에 이용된 우량으로 정의되는데, 강우량과 현재/전일 담수심, 그리고 필요수량을 고려하여 산정한다. 본 연구에서는 Blaney-Criddle 식으로 순별 잠재증발산량을 추정하므로, 유효우량은 일별 강우량과 순별 증발산량의 관계로부터 계산된다.⁶⁾⁹⁾



<Fig. 2> Flowchart of land cover classification using Landsat-5 TM images

다. 위성영상에 의한 농경지 추출

위성영상을 이용한 토지피복분류 과정은 <Fig. 2>와 같다.

라. 농경지 적지분석

농경지 개발과 확장을 전제로 미래의 잠재적 농업용수 수요량을 추정하기 위해 지형조건만을 고려하여 벼 재배 적지분석 모형을 구성하였다. 통상적으로 벼농사에 적합한 지형조건은 해발고도 200m 이하, 경사 5% 이하의 평지로 알려져 있으며, 수치고도자료로부터 추출이 가능하다.⁴⁷⁷⁾

III. 연구결과

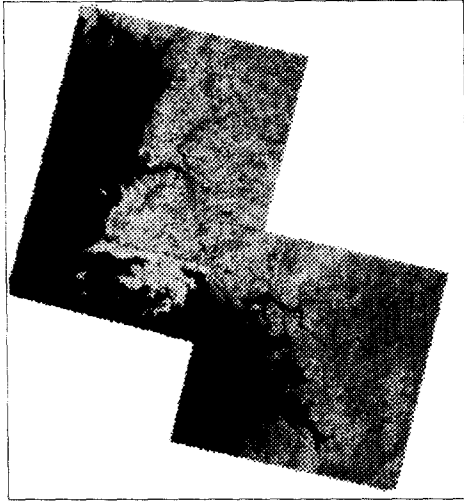
가. 토지피복분류(Land cover classification)

1) 영상의 등록과 보정(Image rectification & correction)

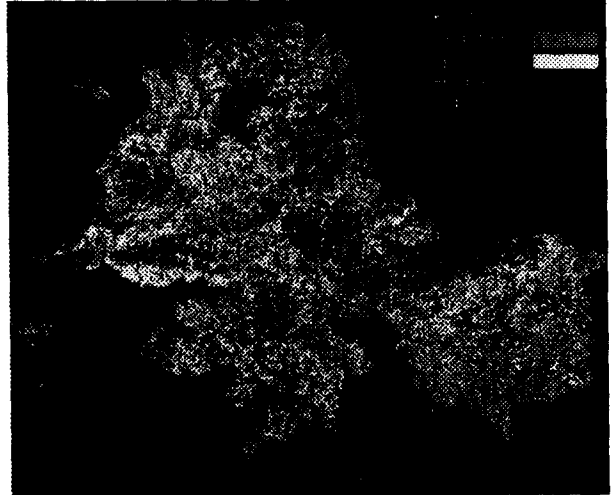
북한지역의 지상기준점(GCP; Ground Control Points)을 잡기 위해 북한지역 1:200,000 지형도(구 소련 작성)와 경기지역 1:25,000 지형도를 사용하였다. 먼저 3 개 영상 각각에 대하여 지상기준점을 잡고 RMSE 0.60~1.13에서 영상등록을 하였다. 그러나 Path/Row 117/33과 117/34 영상은 소축척 지도 1:200,000을 사용하여 발생한 오차를 최소로 하기 위해 각 등록된 이미지의 중복 부분(overlapping)에서 새로이 GCP를 잡아 재등록하였다. UTM North 52(Clark 1866) 좌표계를 사용하였고, 픽셀크기는(resampling size) 30m다.<Fig. 3> 참조)

2) 무감독/감독분류(Unsupervised/Supervised Classification)

우선 Landsat-5 TM 밴드 4를 이용하여 하천과 저수지를 포함한 수계(Water)를 마스킹(masking) 하였고, 다음 시스템의 효율을 위해 4개 밴드(#2, #3, #4, #7) 만을 추출(subset)하여 각 영상의 ISODATA(Iteration Self-Organizing Data Analysis Technology) 무감독분류(Unsupervised classification)를 실시하였다. 산림(Forest), 논(Paddy fields), 나지(Upland), 주거지



<Fig. 3> Image rectification



<Fig.4> Land cover map

(Resident)의 4개 클래스(class)로 분류하여 리코딩(recording) 하였고, 앞서 마스킹 하였던 수계를 합성하여 5개 클래스의 무감독 토지피복분류도를 작성하였다.

육안으로 충분히 확인가능한 경지정리지구와 도시지역 등을 트레이닝 사이트(training site)로 선택하여 감독분류를 실시하였고, 최종적으로 무감독분류 결과와 중첩연산하여 <Fig. 4>와 같은 황해남도 토지피복지도도를 완성하였다. 토지피복 분류 결과, 논면적이 전체 황해남도 면적의 약 11%인 94천ha로 나타났다.

나. 벼 재배 적지의 추출

먼저 DEM(100x100m) 자료를 Arc/Info의 GRID 포맷으로 변환하였고, 경사도와 고도를 분류하였다. 각각 8개의 클래스로 분류(slicing) 하였고, 이 중 해발고도 200m 이하, 경사 5% 이하 조건을 동시에 만족하는 지역을 추출하였다. 그 결과 약 89,300 ha의 산림과 밭을 향후에 논으로 개발할 수 있을 것으로 판단되었다.

다. 농업용수 수요량의 산정

지역별 적정한 기상자료의 적용을 위해 북한지역 27개 기상관측소의 위도, 경도 및 고도 자료로부터 티센망(Thiessen network)을 구성하였고, 각 관측소의 일별 기상자료로부터 일별 순용수량과 필요수량을 산정하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 북한 황해남도 지역의 농업용수량을 추정하기 위한 모형을 구성하였고 기상청에서 제공하는 북한 기상자료와 위성영상, 그리고 대상지역의 수치고도 자료 등을 분석자료로 사용하였다. Landsat-5 TM 116/34, 117/33, 117/34의 세 개 영상을 이용하여 북한 황해남도 지역의 토지피복을 무감독 분류하였다. 향후에 개발가능한 논면적과 분포를 추정하기 위해 황

해남도 지역의 DEM(100x100m)자료로부터 해발고도 200 m, 경사 5% 이하인 지역을 추출하였다. 위성영상을 이용한 토지피복분류 결과 논면적이 약 93 천ha로, 그리고 잠재적으로 개발가능한 면적을 약 89 천ha로 추정하였다.

또 농업용수량을 계산하기 위해서 북한지역 기상관측소 위치로부터 티센망을 작성하였고, Blaney-Criddle 식을 이용하여 계산하였다.

Acknowledgements

Landsat TM data were provided by NASDA in Japan and North Korea maps, produced by the former Soviet Union, were assisted by Dr. Gene Fosnight at UNEP GRID Sioux Falls.

참 고 문 헌

1. 기상청, 1995, 북한기상 20년보
2. 농어촌진흥공사. 1997, 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구
3. 유인수, 최미향, 윤성호, 1996, 북한의 수답작 농업기후지대 구분, 국제농업개발학회지, 8(3), pp.206-215
4. 윤진일, 2000, GIS - 작물 모형 결합기법을 이용한 북한 지방의 수도작 기후지대 구분, 한국과학재단
5. 이규성, 1998, 북한 지역의 토지피복 분류를 위한 위성영상의 시기적 특성, 인하대학교 1998년도 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집, pp.34-37
6. 정하우, 박상현, 이남호, 김성준, 최진용, 박기욱, 2000, 관개배수전산모형, 성균사
7. 정하우, 최진용, 김대식, 1995, 농촌지역 토지이용계획 기법 연구(II) -GIS의 공간분석기법 이용-, 한국농촌계획학회지, 1(2), pp.43-51
8. 한국농촌경제연구원, 1996, 통일대비 북한지역 농작물의 적정배치와 농업생산량 예측, 농촌진흥청
9. 한국수자원공사, 한국건설기술연구원, 1997, 수자원 계획의 최적화 연구(I), 건설교통부
10. 한국환경정책평가연구원, 1999, 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류, 환경부
11. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W, 1994, Remote Sensing and Image Interpretation 3rd, John Wiley & Sons inc.
12. Malafant, K.W.J., Fordham, D.P., 1997, Integration Frameworks in Agricultural and Resource Planning and Management, Australian Academy of Science Conference, Bureau of Resource Sciences, pp.287-304