

Mainframe 컴퓨터를 활용한 위성영상 처리 소프트웨어 개발*

양영규 · 조성익 · 배영래
한국과학기술원 시스템공학센터
(1988년 12월 10일 받음 ; 1989년 2월 5일 수리)

Development of Satellite Image Processing Software on Mainframe Computer

Young-Kyu Yang, Seong-Ik Cho and Young-Lae Bae
Computer Vision Lab., SERI/KAIST
(Received December 10, 1988 ; Accepted February 5, 1989)

Abstract

A study to develop generalized and systematically designed satellite image processing software system on mainframe computer was successfully carried out. Commercially available softwares such as LARSYS were analyzed and modified, and well known satellite data processing algorithms were implemented into comprehensive software. New algorithms were also presented and developed.

The contents of developed software system may be divided into 8 major sections: menu and user interface, data file management, preprocessing, enhancement in monochrome image, multi-dimension image analysis, scene classification, image display/hardcopy, image handle utility software.

Some additional software such as GIS and DBMS will make this software more comprehensive and generalized one for the satellite data processing.

I. 서론

위성영상자료를 이용하는 원격탐사기법은 1970년대 초 Landsat 위성을 발사하여 지상의 여러 가지 정보를 수집하기 시작하면서 연구가 본격화되었고 광범위한 지역을 동시에 관측하여

* 이 논문은 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업에 의해 수행된 결과이다.

자료의 수집이나 분석시 항공사진보다 광역지역 분석과 신속성을 기할 수 있다는 장점이 있기 때문에 일기예보, 자원탐사, 국토개발, 해양연구 등 다양한 분야에서 활용이 되고 있다. 위성자료의 분석시 과거에는 훈련받은 전문가의 육안해석에 의해 많이 이루어졌지만 근래에는 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 급속한 발달, 자료해석 알고리즘의 개발 등으로 인하여 컴퓨터를 이용하는 수치영상 처리기법이 주로 이용되고 있다. 컴퓨터를 이용하는 대규모의 수치영상처리 소프트웨어는 미국의 제트추진연구소(JPL : Jet Propulsion Laboratory)에서 외계탐사 우주선을 발사하여 수집한 달표면과 행성의 영상을 처리하기 위하여 처음으로 개발되기 시작했으며 (Castleman, 1979) 그 후 자원위성을 비롯한 기상 및 해양관측 위성 등의 다양한 관측자료가 수집됨에 따라 이 분야의 연구가 활성화되어 왔다.

국내에서도 위성자료를 이용하는 연구가 시작되었거나 준비 중에 있지만 외국에 비해 뒤늦은 연구개발 투자로 인하여 know-how의 축적이나 소프트웨어의 개발이 아직은 미흡한 실정이므로 국내의 원격탐사 수요를 만족시키기 위해서는 개발된 소프트웨어를 분석하여 know-how를 습득하고 국내외에서 연구된 원격탐사 자료처리 알고리즘들을 체계적으로 분석하여 위성영상을 비롯한 원격탐사 자료를 분석하는데 필요한 종합적인 소프트웨어를 개발할 필요성이 있다.

이러한 필요성에 의해 지난 3개년간 과학기술처의 특정연구개발사업으로 mainframe 컴퓨터를 활용하여 위성영상 및 원격탐사 자료를 처리할 수 있는 종합적이고 체계적인 소프트웨어가 개발되었다(양영규 외, 1986, 1987, 1988). 이를 위하여 이미 개발된 위성영상 처리용 소프트웨어를 분석하여 수정보완하거나 많이 알려진 분석 알고리즘을 소프트웨어로써 구현하였고 새로운 알고리즘을 제안하여 소프트웨어로 개발하였다.

II. 위성영상 자료처리 소프트웨어의 개요

위성영상을 포함한 원격탐사 자료는 물체를 접촉하지 않고 능동 또는 수동적인 방법으로 관측된 자료로서 관측시의 오류를 제거하는 전처리 과정을 거쳐 여러 가지 방법으로 분석되게 되며 분석이 끝난 자료는 최종의 정보 사용자를 위한 형식으로 출력되게 된다.

위성영상에서의 전처리는 관측경로에 따른 대기효과나 센서 특성 보정, 위성의 자세 등에 의한 기하학적 위치변동 수정, 지도투영법에 따른 좌표변환 소프트웨어 등에 의해 이루어진다.

전처리 과정이 끝난 영상은 사용자의 요구에 따라 다양한 단계의 영상처리나 통계분석과정을 거치게 된다. 이에선 전문가의 육안해석을 돕기 위한 주관적(subjective) 해석 부문으로 histogram 변조 및 영상강조 과정, 경계강조를 위한 filtering과정, shaded relief, 3차원 display 소프트웨어 등이 있게 되며, 수치적인 영상해석 및 pattern 인식을 하는 양적인(quantitative) 해석과정과 구분이 된다.

수치적인 영상해석은 식생지수, Principal Component Analysis(PCA) 등과 같이 차원수 압축이나 영상의 변환을 통한 지상물체의 특징강조 소프트웨어에 의해 이루어지게 된다. Pattern

인식은 영상에서 유용한 정보를 추출하기 위하여 영상의 공간적, 분광학적, 시간적 특성을 분석하는 것으로 다중분광(multispectral) 또는 다중시간(multitemporal) 영상의 pattern 인식처리, 물체검출, segmentation 등이 소프트웨어를 통하여 이루어진다.

영상처리나 통계분석 과정을 거친 자료는 최종사용자가 원하는 정보가 되며 file로써 보관되거나 hardcopy로 출력되게 되고, 이를 위하여는 효율적인 color영상 display, hardcopy출력, 영상입출력 주변기기 interface, 영상 file database 및 관리 보관을 담당할 소프트웨어가 있어야 한다.

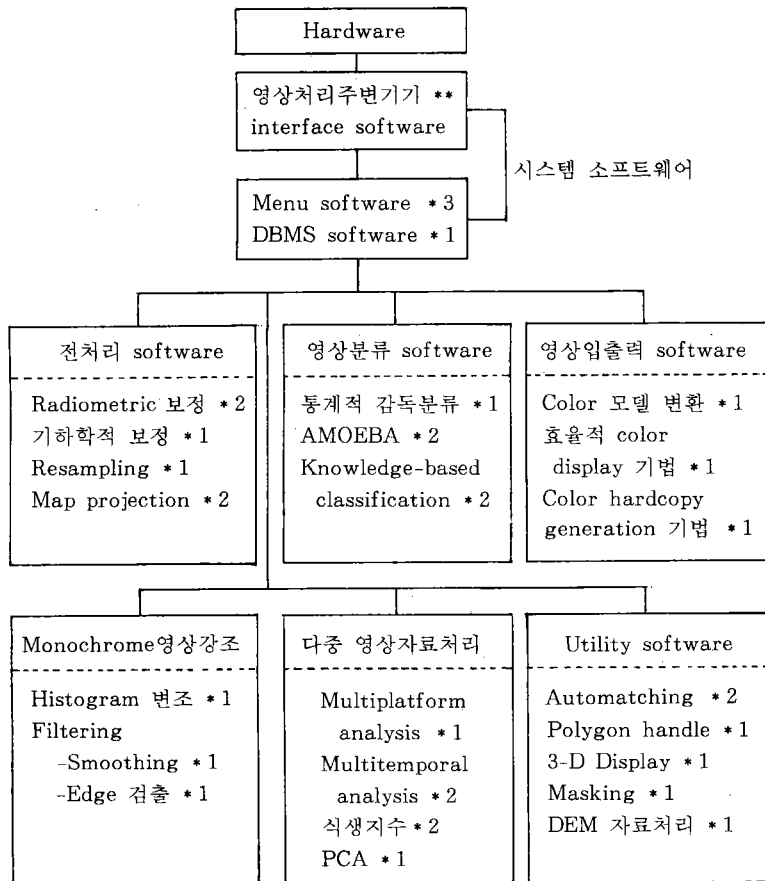
따라서 최종 사용자에게 효율적인 정보제공을 위해서는 영상처리 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어까지 갖춘 적절한 영상처리시스템이 구비되어 있어야 한다. 대형컴퓨터를 이용하는 대표적인 위성영상자료처리 소프트웨어 시스템에는 ORSER, LARSYS, ERIPS, VICAR, RECOG, LMS 등이 알려져 있다(표 1).

표 1. Mainframe 컴퓨터용 대표적인 위성영상 자료처리 시스템(Bracken, 1983 ; Castleman, 1979)

이름	개발기관	컴퓨터	특징
ORSER	Pennsylvania State Univ.		작은 규모 작업처리 위해 개발 CCT 영상을 직접 읽어서 처리 Batch 작업형
LARSYS	Purdue Univ. Texas A & M Univ.	IBM 360/67 Amdahl 470 V/6	LARSYS format data를 tape에서 입력하여 처리 program module별로 처리 여러 응용분야에 사용
ERIPS	IBM		Disk에 수록된 자료를 interactive하게 처리 Menu 방식의 기능 선택 ERL project와 LACIE의 AGRISTARS project 수행
VICAR	미 제트추진 연구소(JPL)	IBM 360	Disk에 수록된 원격탐사 및 일반 영상자료를 처리 원시프로프램 구입 가능
RECOG	Colorado State Univ.	CDC 6400	대학원 수준의 원격탐사교육을 위해 개발 7개의 module로 구성 Control card로 작업진행 처리
LMS	Texas A & M Univ.	CDC IBM Amdahl 470 V/6	RECOG의 Landsat처리 부분을 강화하여 재 구성 GIS와 연결된 최초의 system 타 컴퓨터에의 쉬운 이전성
ORSER	Office for Remote Sensing of Earth Resources		
LARSYS	Laboratory for Applications of Remote Sensing SYStem		
ERIPS	Earth Resources Interactive Processing System		
VICAR	Video Image Communication And Retrieval		
RECOG	RECOGnition		
LMS	Landsat Mapping System		

III. 위성영상 처리 소프트웨어 개발

이 연구에서 개발된 위성영상자료처리 소프트웨어는 주로 NAS XL/50과 Cyber 960 대형컴퓨터에서 Fortran language를 사용하여 interactive와 batch의 혼용작업형태로 개발되었다. 영상 display는 Tektronics 4115 graphic terminal을 주로 사용하였고 display 소프트웨어는 Interactive Graphics Library(IGL)를 사용하여 개발하였다. 개발된 소프트웨어의 전체 구성은 그림 1과 같으며 수행하는 처리의 내용에 따라 8가지의 부문으로 구분된다.



‘*1’: 완전히 개발 완료 ‘*3’: Algorithm만 연구
 ‘*2’: 일부 개발 완료, 보완 중 ‘**’: IBM PC에서 개발

그림 1. 개발된 소프트웨어의 구성.

소프트웨어가 개발되거나 알고리즘이 연구된 그림 1의 8개의 부문 중 처음 두 부문은 영상처리 주변기기와의 기본적인 interface library 부문과 user interface나 data 관리에 관련된 부문으로 process를 control하고 영상자료를 file로써 보관하며 관리하도록 하는 부문이므로 이를 합하여 시스템 소프트웨어라 하였다. 영상처리 주변기기 interface는 IBM PC에서 serial/parallel로 주변기기를 연결하도록 하는 library 소프트웨어를 개발하였고, data 관리 부문에서는 국내의 Computer Compatible Tape(CCT)와 지형도를 data base화하여 지도 도엽명만 입력하면 그 지역의 영상을 CCT에서 자동적으로 추출하여 disk에 수록하도록 소프트웨어를 개발하였다.

전처리는 위성자료가 가지고 있는 원초적인 오류를 제거하는 부문이고, 영상 분류는 최종 사용자를 위한 분석 결과를 내는 부문이며, monochrome과 다중 영상에서의 처리는 시각적 또는 수치적으로 특징간의 차이를 강조하고 차원수를 줄이는 부문이고, 영상 입출력 소프트웨어는 최종결과로써 나온 정보 또는 중간 결과를 출력하는 부문이다. Utility 부문은 위성영상자료 분석시 필요하게 되는 기타 소프트웨어를 모아 놓은 부문으로 automatching, polygon 자료 handle, 3차원 입체 display, masking, 수치지형자료(DEM : Digital Elevation Model) 등을 처리하는 소프트웨어들로 구성되어 있다.

각 부문별로 연구 개발된 소프트웨어의 내용은 다음과 같다.

1. 전처리 소프트웨어 부문

전처리 소프트웨어 부문 중 radiometric 보정은 위성에서 지상물체를 관측시 발생하는 radiance값에 대한 보정을 하는 것으로 이에선 지상에서 위성에 이르는 경로에 대한 대기의 산란 및 흡수 효과, sensor의 특성에 따른 band간의 offset, detector의 결함에 의한 striping 등이 있다. Sensor 자체의 특성에 따른 보정은 보통 지상수신소에서 CCT를 만드는 과정에서 이루어지므로 이 연구에서는 detector 결함에 따라 생기는 striping에 대한 보정 소프트웨어만을 개발하였다.

기하학적 보정(Maurer et al., 1979)은 위성의 자세나 궤도 경사각 때문에 생기는 기하학적 위치변동을 보정하는 과정으로 이 연구에서는 위성자세 정보에 의해 보정을 하는 systematic 보정 중 일부와 지상기준점(GCP : Ground Control Point)에 의해 정밀한 보정을 하는 GCP 보정에 대한 소프트웨어를 개발하였다. 위성자료가 한 가지의 지도 투영법에 따라 보정이 된 경우 이를 다른 투영법으로 변환하는 지도투영 소프트웨어를 개발하였고, 기하학적 위치변동이 있는 경우 단속적인 위치를 가진 위성자료에서 재배열을 하기 위한 소프트웨어도 개발하였다.

2. Monochrome 영상에서의 강조 처리 부문

Monochrome 영상에서의 강조 처리는 histogram의 stretch 방법을 조정하거나 density slicing을 하는 histogram 변조를 할 수 있도록 개발하였으며 histogram의 정규화, 평균화, linear,

exponential, logarithmic stretch 등 소프트웨어를 개발하였다.

경계를 강조하거나 잡음을 제거하기 위한 처리로써 공간영역(spatial domain)과 주파수영역(frequency domain)에서의 filtering(Gonzalez and Wintz, 1977) 소프트웨어를 개발하였다. 공간영역에서의 처리에서는 template matching에 의한 mean, median, mode(most frequent) filtering, gradient, Laplacian, difference, Sobel operator 등을 소프트웨어로써 구현하였다. 주파수 영역에서의 처리는 template의 power spectrum에 의해 filtering이 이루어지며 low pass(smoothing), high pass(edge sharpening), exponential, Gaussian filtering 등의 소프트웨어를 개발하였다.

3. 다중 영상에서의 처리

다중영상에서의 처리는 서로 다른 위성 자료 간의 처리인 multiplatform analysis, 변화추적을 위해 사용하는 multitemporal analysis, 특징강조나 차원수 압축을 위해 사용되는 식생지수(VI: Vegetation Index) 및 PCA 등의 소프트웨어로써 구현되었다.

Multiplatform analysis(Hayden et al., 1982)는 분광 분해능이 우수한 자료와 지상분해능이 우수한 자료를 합성하여 이 두 분해능이 다 우수한 새로운 자료를 만들 수 있도록 소프트웨어를 개발하였으며 color 모델간의 변환을 이용하였다. 그림 2는 이 기법으로 Landsat 위성의 Thematic Mapper(TM)와 MultiSpectral Scanner(MSS) 자료를 합성하여 MSS의 분광특성을 그대로 지니고 있으면서 TM자료의 분해능을 가지는 새로운 자료를 만든 것이다.

Multitemporal analysis(Fung and LeDrew, 1987)는 관측일이 서로 다른 두 개의 영상에서 변화된 부분을 찾아내는 방법으로 식생지수 간의 차이나 PCA index 간의 차이를 구하거나 전체 영상을 PCA 변환하여 변화된 부분을 찾을 수 있도록 하는 소프트웨어를 개발하였다.

식생지수(Lautenschlager and Perry, 1981)는 가시광선과 근적외선 영역에서 식생이 반사를 차이를 크게 나타내는 것을 이용하여 구하며 계산된 식생지수는 실제 지상에서의 식생 밀집도나 Leaf Area Index(LAI)와 상관관계가 있다고 알려져 있다. 식생지수는 channel간의 비율, 차이, 또는 linear equation으로 나타나며 FAS/FCCAD의 식생지수같이 계산된 LAI의 식이 실제 식생분포와 밀접하게 관련이 있는 것으로 알려져 있다.

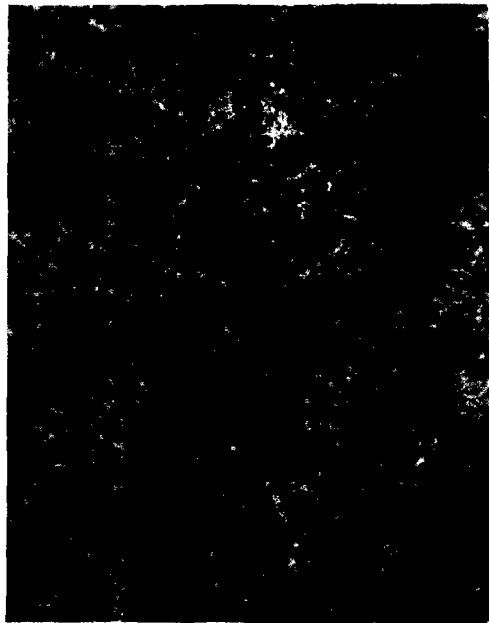
PCA 변환은 다차원 영상자료의 histogram이 나타내는 특징공간(feature space)에서 강한 특징을 가진 index들을 순차적으로 직교하게 확장하는 방법으로 Landsat MSS에서는 2개의 PCA index에, TM에서는 3개의 index에 대부분의 정보가 포함되게 되어 차원수 압축이 이루어지게 된다(Crist and Cicone, 1984).

4. 영상분류 소프트웨어 개발

영상분류 소프트웨어는 앞의 과정에서 여러 가지 방법으로 처리된 영상에서 최종 사용자가



(a) MSS IR(1984/6/14)

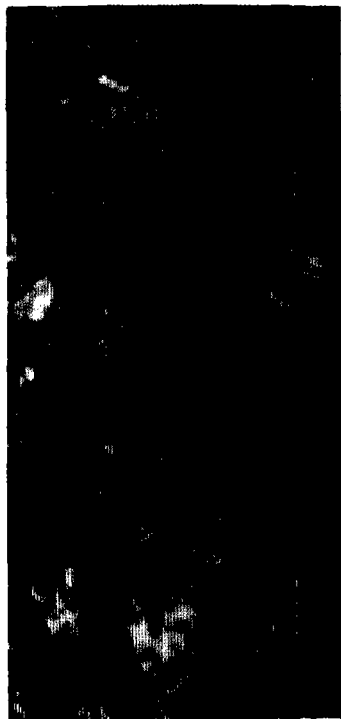


(b) TM IR(1985/4/5)

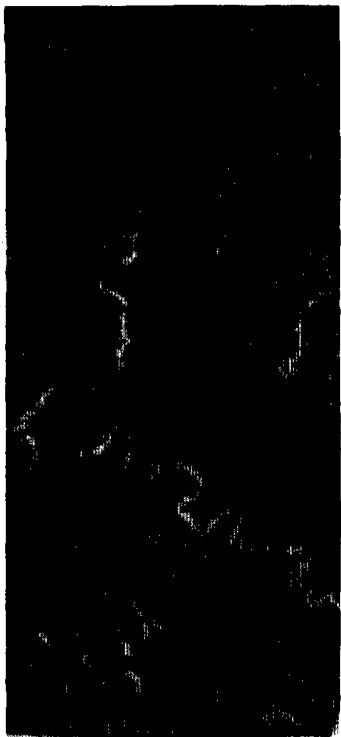


(c) 합성된 영상

그림 2. MSS와 TM 영상의 합성.



(a) TM band 4의 영상



(b) TM band 4에 의한 slope 영상



(c) Region을 이용한 호수지역 추출결과



(d) 감도분류에 의한 호수지역 추출결과

그림 3. Region을 이용한 분류결과와 감도분류에 의한 결과와의 비교.

원하는 정보를 추출하는 것으로 감독분류와 무감독분류 중의 AMOEBA clustering(Bryant, 1978), knowledge-based classification에 대한 소프트웨어를 개발하였다.

감독분류(Duda and Hart, 1973)는 훈련조 (training set)에 의해 각 class의 통계적 parameter(평균, 공분산)를 구한 후 Mahalanobis 거리를 사용하여 maximun likelyhood 방법으로 분류하는 소프트웨어를 개발하였다.

무감독 분류 방법인 AMOEBA는 LMS(Miller, 1976)의 원시 program을 수정하여 개발하였다.

최근에 많이 연구가 되고 있는 knowledge-based classification 기법의 한 가지인 region (Qiu and Huang, 1988) 개념을 도입하여 소프트웨어를 개발함으로써 다른 물체와 뚜렷이 구분되는 경계를 가진 물체는 기존에 사용되는 통계적 분류방법보다 더 정확히 분류를 할 수 있도록 하였다. 그림 3은 region을 이용한 영상분류의 한 예로, TM band 4 영상의 slope자료에 의한 region을 구한 후 호수지역 만을 추출하여 감독 분류에 의한 결과와 비교하여 보여 주고 있다.

5. 영상 입출력 소프트웨어 개발

영상 입출력 부문에서는 여러 가지 color model간의 변환을 하는 소프트웨어를 개발하였고 color display나 hard copy로의 영상 출력시 필요한 algorithm을 개발하여 소프트웨어로써 구현하였다.

Color display로의 영상 출력 소프트웨어에서는 color plane을 최대한도로 활용할 수 있는 color_max_use_table algorithm을 제안하여 소프트웨어로 구현하였고 Landsat 영상자료에서 표현가능한 1,700만 color 중 주어진 color plane을 최대로 활용하면 256 또는 512 color만을 사용하여도 충분한 효과를 낼 수 있다는 것을 보여 주었다.

Color hard copy 영상 출력에서는 16개의 dot로서 pattern을 만들고 color display에 나타난 RGB(Red, Green, Blue)의 영상을 YMC(Yellow, Magenta, Cyan)로 변환하여 출력하였으며 4×4 dot로 구성시 4913 color까지 나타내도록 소프트웨어를 개발하였다.

6. 영상처리 utility 소프트웨어 개발

영상처리 utility소프트웨어로써 automatching 기법(Rose and Hegyi, 1986), polygon 자료 처리 및 masking, 3차원 입체 display, 수치지형자료(Monmonier, 1982) 처리 소프트웨어를 개발하였다.

Automatching 소프트웨어는 least-squares와 correlation방법을 사용하여 자동화된 기하학적 보정 등에 사용될 수 있도록 개발하였으며, polygon 자료를 grid 자료로 변환하는 소프트웨어와 polygon을 사용하여 관심 있는 지역만을 추출하는 masking 소프트웨어를 개발하였다. 3

차원 입체 display 소프트웨어는 위성영상과 DEM자료를 중첩 처리하여 stereographic view 와 oblique view 방법으로 display하고 육안해석 등에 이용할 수 있도록 하였다. 수치지형자료를 수치적으로 처리하여 해석적인 방법으로는 나타내기 어려운 shaded relief, slope-azimuth, slope-gradient 등을 계산하는 소프트웨어를 개발하였다.

IV. 결 론

이 연구에서는 국내외에서 개발되어 현재 사용되고 있는 위성영상 자료처리 소프트웨어를 분석하고 자료처리 알고리즘을 정리하여 소프트웨어로 개발함으로써 위성영상 자료처리에 사용될 수 있도록 하였다.

이 연구에서 개발된 소프트웨어 시스템은 8가지 부분으로 나누어질 수 있으며 시스템 소프트웨어 부문이 아직 일부만 개발된 점 이외에는 위성영상을 분석하는 데 큰 어려움이 없을 정도로 개발되었다고 보아진다. Know-how 습득면에서 보면 위성영상을 분석하는 데 필요한 기본 소프트웨어는 대부분이 개발된 상태이기 때문에 국내에서도 위성영상 자료처리 소프트웨어를 자립적으로 개발하고 보급할 수 있는 기반이 마련되었다고 볼 수 있다. 이 연구에서 개발된 소프트웨어를 사용자가 더욱 운용하기 쉬운 방향으로 보완하고, menu방식을 도입하여 user interface를 강화하며, 영상 file관리 시스템을 개발하여 추가한다면 종합적으로 위성영상자료를 분석할 수 있는 소프트웨어 시스템이 구축되리라 생각된다.

시스템 성능의 고도화를 위하여 GIS부문을 추가하여 최종사용자가 원격탐사 분석 자료나 공간 자료를 보다 신속하고 편리하게 이용할 수 있도록 하고, 국내에 도입된 슈퍼컴퓨터를 활용하여 신속한 정보처리를 할 수 있도록 하는 등 소프트웨어 시스템 전체의 성능을 향상시키기 위한 분야에 앞으로 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 양영규 · 배영래 · 이정숙 · 이현우 · 이은경, 1986, 원격탐사자료 응용기술연구(I)-위성수신소용 영상처리 소프트웨어개발(I), 과학기술처 특정연구과제보고서.
- 양영규 · 배영래 · 조성익 · 이현우 · 이정숙 · 이은경, 1987, 원격탐사자료 응용기술연구(II)-자원 위성 영상자료처리 소프트웨어개발(II), 과학기술처 특정연구과제보고서.
- 양영규 · 박경윤 · 배영래 · 조성익 · 이현우 · 이정숙 · 이은경, 1988, 원격탐사자료 응용기술연구(III)-자원위성 영상자료처리 소프트웨어개발(III), 과학기술처 특정연구과제보고서.
- Bracken, P. E. 1983, Remote Sensing Software System, *Manual of Remote Sensing*, 2nd ed. ASP, pp.807-839.

- Bryant, J. 1978, On the Clustering of Multidimensional Pictorial Data, *Pattern Recognition*, **11**, pp.115–125.
- Castleman, K. R. 1979, *Digital Image Processing*, Prentice-Hall, p.429.
- Crist, E. P. and Cicone, R. C. 1984, Comparison of the Dimensionality and Features of Simulated Landsat-4 MSS and TM Data, *Remote Sensing Environ.*, **14**, pp.235–246.
- Duda, R. O. and Hart, P. E. 1973, *Pattern Classification and Scene Analysis*, John Wiley and Sons, pp.44–45.
- Fung, T. and LeDrew, E. 1987, Application of Principal Components Analysis to Change Detection, *Photogram. Eng. Remote Sensing*, **53**, pp.1649–1658.
- Gonzalez, R. C. and Wintz, P. 1977, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, pp.119–126.
- Haydn, R., Dalke, G. W., Henkel, T. and Bare, J. E. 1982, Application of the IHS Color Transform to the Processing of Multisensor Data and Image Enhancement, *Proc. Int. Symp. Remote Sensing of Arid and Semi-Arid Lands*(Egypt 1982), pp.599–616.
- Lantenschlager, L. F. and Perry, C. R. 1981, Comparison of Vegetation Indices Based on Satellite-Acquired Spectral Data, *Proc. Survey Research Methods Section*(American Stat. Assoc.), pp.77–82.
- Miller, L. D. 1976, *LMS Manual*, Colorado State University.
- Maurer, H. E., Oberholtzer, J. D. and Anuta, P. E. 1979, *Synthetic Aperture Radar/Landsat MSS Image Registration*, NASA Ref. Pub., **1039**, pp.38–46.
- Monmonier, M. S. 1982, *Computer Assisted Cartography: Principles and Prospects*, Prentice-Hall, p.214.
- Qiu, Z. and Huang, L. 1988, A New Classification Method Using Spatial and Spectral Features for Remote Sensing, *Proc. ISPRS Kyoto 1988*, **27-B3**, pp.686–695.
- Rose, D. R. and Hegyi, F. 1986, Applications of Satellite Derived Digital Elevation Models for Resource Mapping, *Proc. 10th Canadian Symp. Remote Sensing*, pp.655–660.