

# Panchromatic 위성 자료를 이용한 선박 확인의 접근 기법

서영상<sup>1\*</sup> · 최철웅<sup>2</sup> · 이나경<sup>1</sup> · 김복기<sup>1</sup> · 장이현<sup>1</sup>

## Approaching Method for Detecting Vessels in the Korean Waters using the Panchromatic Imagery of IRS-1C Satellite

Young-Sang SUH<sup>1\*</sup> · Chul-Uong CHOI<sup>2</sup> · Na-Kyung LEE<sup>1</sup>  
· Bok-Kee Kim<sup>1</sup> · Lee-Hyun JANG<sup>1</sup>

### 요 약

고해상도 위성 IRS-1C의 Panchromatic 영상 자료를 이용하여 한국 근해에서 선박의 수와 위치를 파악할 수 있는 가능성을 살펴보았다. Panchromatic 위성 영상에서 선박과 주변환경에 대한 위치, 크기, 모양, 그림자, 색조, 질감 및 모양의 공간배열, 높이와 깊이, 현황 및 연관성 등의 영상해석 요소를 활용하여 선박 모니터링의 논리적 접근기법을 연구하였다. 선박의 공간적 위치는 GCP가 없는 해상에서 영상의 중심위치 정보로부터 반경 35km내에서 지구좌표점으로 전환하였다. 선박의 크기는 선수에서 선미까지이나 선미에서 생기는 종파(following wave)와 추정 구분하여야 했다. 길이 100m를 기준으로 연근해 어선과 상선으로 구분하였다. 선박의 모양은 종파의 영향으로 영상에서 유선형이었다. 작은 구름의 경우 선박의 모양과 유사했으나, 해상에 반영된 구름의 그림자로 배와 구분할 수 있었다. 색조는 바다표면이 검은색을 띠는 반면 소형선박은 밝은 흰색으로 나타났다. 바다의 거친 정도와 파도의 방향성 배열 등을 통해 파도와 선박을 구분하였다. 또한 쌍끌이 어선과 같은 조업방법이 어선의 어업별 종류를 영상에서 추정하는데 용이한 기초 연관 자료가 되었다.

주요어: 위성선박감시 시스템, IRS-1C satellite, Panchromatic 영상해석

### ABSTRACT

The feasibility of counting number of small vessels and position in Korean waters using the panchromatic imageries derived from the IRS-1C was tested. The parameters for interpretation of satellite's imageries of small vessels were location(position), size, shape, shadow, tone, texture and pattern, height and depth, situation and association with other vessels. The position of small vessels in the sea without GCP(ground control point) was considered to be inclusive in the satellite imagery

2002년 11월 4일 접수 Received on November 4, 2002 / 2002년 12월 17일 심사완료 Accepted on December 17, 2002  
1 국립수산과학원 해양연구과 Dept. of Oceanography, National Fisheries Research & Development Institute  
2 부경대학교 위성정보과학과 Department of Satellite Information Science, Pukyong National University  
\* 연락처 E-mail: yssuh@nfrdi.re.kr

with 35 km semi-diameter, denoting rough geographical position of the vessel. The size of vessel was measured by length from stem to stern of the vessel, distinguished by following wave on the surface water. Offshore fishing vessels were separated from merchant ships by their length smaller than 100 m. The shape of vessels on panchromatic imagery of IRS-1C appeared just streamline. In case of clouds which were similar to the shape of small vessels, we were able to distinguish between vessel and cloud by shadow of cloud in the water surface. The tone of sea surface was dark black while small vessel appeared bright white. Small vessel was distinguished from the rough texture of the sea surface and the regular pattern of the waves with white capes when weather was not so good. The situation of the fishing activity was estimated by information of fishing method related to the fishing boat such as the pair trawl in the Yellow Sea.

**KEYWORDS:** *Satellite Vessel Monitoring System, IRS-1C satellite, Panchromatic, Image Interpretation*

## 서 론

UN 해양법 협약 발효에 따라 해양분할 관리시대로 도래하면서 모든 해양국가는 해양의 생물자원, 에너지자원, 공간자원 등 부족자원의 적극적 활용을 위해 해양과학 조사를 기반으로 해양 및 수산활동에 대한 총괄적 정보를 획득하고있다. 또한 해양수산 정보의 지속적 관리 및 활용을 통해 국익을 도모하고자 해양 환경에 대한 제반 모니터링 기술을 충동원하고 있는 실정이다. 최근에는 각국의 배타적 경제수역(EEZ) 선포로 수산분야에 있어 조업해역의 분할 문제가 크게 대두되고 있다.

이러한 국제적 배경에서 동아시아 해역에도 어선 및 그 보다 큰 규모의 선박활동과 관계된 해양 물류와 수산 활동량을 파악하기 위해 모니터링 기법 개발이 절실히 필요한 시대가 도래되었다. 국외의 경우에도 불법어업과 허가 조업해역이 아닌 곳에서 수산활동을 하는 트롤어선 등에 대한 규제를 위해 위치정보 시스템(GPS)을 일부 이용하였으나, 여러 가지 이권문제로 위성추정 GPS 시스템을 자신의 배에 탑재하려 하지 않고 있다. Gribble과 Robertson(1997)은 생물자원 고갈에 대한 자원 관리 차원에서 효과적으로 조업선을 식별하는 첨단 위성 모니터링(satellite vessel monitoring

system) 기술 개발 등을 제안하였다.

본 연구에서는 해상도가 시공간적으로 비교적 높으며, 누구나 쉽게 접근 분석할 수 있는 인도위성 IRS-1C의 PAN(panchromatic camera) 자료를 이용하여 연근해역에서 활동하는 선박의 활동시기, 위치 및 분포 양상에 대한 정보를 생산하기 위해 위성 영상에서 선박을 인식하는 논리적 기법을 개발하고 향후 발전방향을 제시하고자 한다.

## PAN 위성자료의 일반특성

한국근해에서 특정시기 및 해역에서 활동하는 10m이상 어선 등의 선박수를 계상하기 위하여 인도 위성 series 중 1996년부터 활동 중인 IRS-1C의 PAN 위성 자료를 분석하였다.

본 연구에서 이용한 PAN 영상의 공간해상도(spatial resolution)는 5.8m이고, 관측폭(swath)은 70km이다. 시간해상도(temporal resolution)는 5일 회귀주기(revisit)이며, 관측시 카메라의 각도를  $\pm 26$  degree 회전시킬 수 있어 nadir로부터  $\pm 398$ km까지 방향을 바꾸어 관측할 수 있다. PAN 영상의 방사해상도(radiometric resolution)가 6bit이며, 분광해상도(spectral resolution)도 단일 spectral band(0.50~0.75 $\mu$ m)를 가지고 있어 방사 및 분광해상도가 비교적

낮은 편이다(Jensen, 2000).

### PAN 자료의 일차처리

IRS-1C PAN 영상은 영상처리 프로그램 Image Analyst(Z/I, 2002)를 이용하여 처리하였다. PAN의 낮은 방사해상도(6bit) 영상을 선형강조 기법 및 히스토그램 정규화 기법으로 처리하여 소형어선 및 비교적 큰 선박을 쉽게 인식할 수 있도록 나타내었다.

### 소형선박 확인을 위한 영상해석 기법

#### 1. 타 위성 자료에 의한 기상 및 해양정보 이용

선박의 항해와 밀접한 관련을 가지는 기상 및 해양상태를 분석하여 영상의 오염도를 파악함으로써 PAN 자료를 우선적으로 선별하였다. 미국 QuikSCAT 위성 자료에 의한 해당해역의 해상풍 정보, TOPEX/Poseidon 위성 자료에 의한 파고상태 정보, GMS-5/SVISSR 위성에 의한 기상 정보, MODIS의 RGB(1/4/3)에 의한 구름 및 탁수(turbid water) 분포, 황사(yellow dust) 분포 정보를 통해 선박 확인 영상을 선별하였다.

조업어선의 경우, NOAA/AVHRR 위성 자료에 의한 구름 및 수온정보 자료와 Orbview-2/SeaWiFS 위성 자료에 의한 해양의 식물플랑크톤량 분포정보를 충분히 활용하여 어선의 위치가 조업환경 여건에 적합한가를 파악하였다.

#### 2. 선박 확인 절차를 위한 논리적 판단 기법

일반 영상해석(image interpretation) 기법(Philipson, 1997)의 기본적 요소들을 선박인식에 응용하여 아래와 같이 선박 확인을 논리적으로 수행할 수 있었다.

##### 1) 위치(location)

위성원격탐사 자료는 기본적으로 위성에 탑재된 GPS 시스템을 통해 대상체에 관한 위치정보를 획득하고 있으며, 위치정보는 경위도 좌표나

UTM 좌표계로 표현된다. 위성원격탐사에서 대상체에 관한 위치정보는 위성으로부터 획득한 영상자료를 기본도의 지표기준점(GCP)으로 기하보정 실시 후, 영상자료로부터 추출하는 것이 통상적 방법이다. 그러나, 섬조차 없어 지표기준점이 없는 근해역에서의 위치정보는 이를 보정할 방법이 없다. 그러므로, 획득영상의 center를 중점하여 영상의 주사폭(swath)을 직경으로 하는 원반해역을 선박의 위치 확인영역으로 간주하였다.

이와 같은 방법은 위성의 ascending 및 descending 궤도 관측에서 오는 위성영상의 위치가 극단적으로 뒤바뀔을 최소화하였다(그림 1). 또한 해상활동의 편의를 위해 일반적으로 사용하는 근해해구도(statistical rectangular chart)에 대해 위성영상의 중심위치점이 속한 해역을 기준 해구 영역으로 간주했다. 한편, 처리된 배의 위치를 기본도에 표시할 때 주변에 육지가 있는 경우에는 해당 GCP 정보를 기준으로 지형보정하고 surfer 프로그램(Golden software Inc., 1997)을 이용하여 선박 분포를 상세히 지구좌표도에 표현하였다.

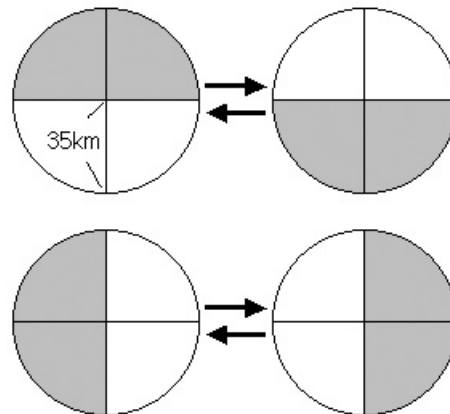


FIGURE 1. There is no satellite imagery with GCP in the ocean. The position of the imagery is changed when IRS-1C satellite is passing by the Korean waters with ascending and descending orbit. The position of vessels in the sea was considered to be inclusive in the satellite imagery with 35km semi-diameter, denoting rough geographical position of the vessels

## 2) 크기(size)

해상에서 소형선박의 종류와 톤수를 비교적 정확히 구분하기 위해서는 영상 해석 요소 중에서 배(vessel)의 크기를 정확히 측정하는 기법이 매우 중요하다. 연근해 조업선의 경우, 대부분 전장(선수에서 선미까지의 길이, total length)이 100m 이하이다. 예를 들어 고등어를 주업으로 하는 선망의 본선 전장은 32m, 폭 7m 정도이며, 그 규모는 약 대략 123톤 정도이다. 근해 연승의 경우, 전장 13.5m, 폭 3.5m 정도로 9.7톤 정도의 규모이다(해양수산부, 2000). 100m 이상의 전장을 가진 선박은 근해 어선이 아닌 상선일 가능성이 높다.

PAN 영상에 나타난 선박의 전장은 선미에서 발생되어 배에서 멀어져 가는 종파(following wave)로 인해 정확한 크기를 판단하기가 쉽지 않았다. 빠른 속도로 항해하는 선박의 경우 선박의 전장은 선수에서 종파의 끝부분까지의 길이를 1로 보면 평균 약 1/3에 해당하는 크기였다. 선박의 항해속도에 따라 선체를 포함한 유선형의 길이와 선박전장 및 종파 길이간의 비율이 달라질 수도 있으나, 본 연구에서 조사한 구체적 예로는 전체 유선형의 길이가 490m 인 경우 선체의 전장은 156m 였다(그림 2).

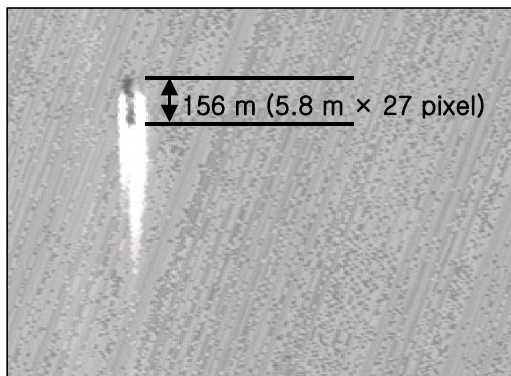


FIGURE 2. Size (length) of vessel on the IRS 1C-PAN. Offshore merchant ships were separated from fishing vessels by their length larger than 100m

## 3) 모양(shape)

PAN 영상에서 선박은 종파로 인해 유선형으로 나타났다(그림 3). 기타 선박과 구분할 필요가 있는 것은 비행기와 파도 등이 있다. 비행기의 경우 일반 위성영상에서는 삼각형으로 나타난 것처럼(Jensen, 2000), IRS-1C의 PAN 영상에서도 비행기는 삼각형과 흡사한 형태로 나타났다(그림 4).



FIGURE 3. Shape of vessels on the panchromatic imagery appeared just streamline with following wave

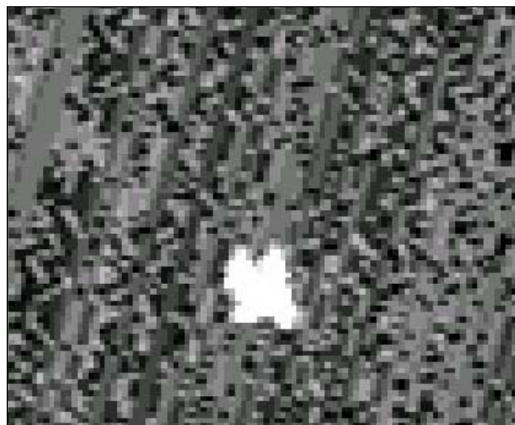


FIGURE 4. Shape of an airplane appeared just triangular (delta) on the panchromatic imagery

## 4) 그림자(shadow)

PAN 영상에서 유선형 모양으로 나타나는 것은 배뿐만 아니라 파도와 구름도 유선으로

나타났다. 특히 영상에서 구름은 위성통과 시각에 따라 태양고도와 관련되어 그림자가 생겼다(그림 5). 이러한 구름의 그림자는 구름을 선박과 구분할 수 있는 중요한 기준이 되었다.

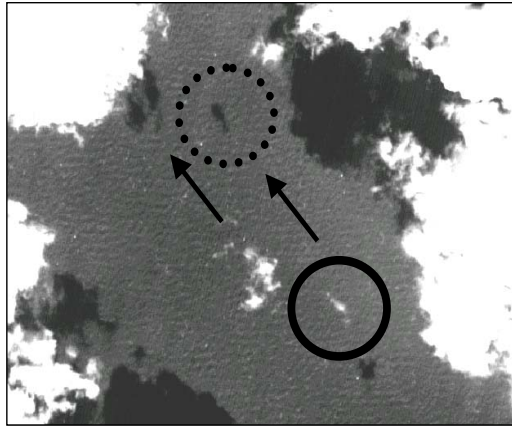


FIGURE 5. Cloud(○) which was similar to the shape of small vessel was distinguished by shadow(○) of ground in the sea surface

5) 색조(tone)

0.5~0.75μm band로 기록된 PAN 위성영상에서 선박은 밝은 색조로 나타나는 반면, white cap이 없는 잔잔한 해양표면은 어둡게 나타났다(그림 2, 3, 4, 5, 6).

6) 질감 및 모양의 공간배열(texture and pattern)

해양의 표면상태는 PAN 영상에서 unit pixel의 색조나 컬러가 반복되었으며, 해상에서 파도는 거친 해표면을 나타내는 특징적인 질감과 동일 모양이 반복되는 공간배열 특성을 가졌다.

해상에서 파도는 선박과 유사한 모양을 가졌다. 그러나 전체 영상에서 일정방향 및 규칙적으로 배열되는 유선모양의 파도는 선박과 쉽게 구별할 수 있었다. 선박은 항해시 안정상의 문제로 파도와 나란한 방향으로 운행할 수 없고, 가능한 직각방향으로 운항하는 항법 특성을 고려하여 선박을 식별하였다(그림 6).

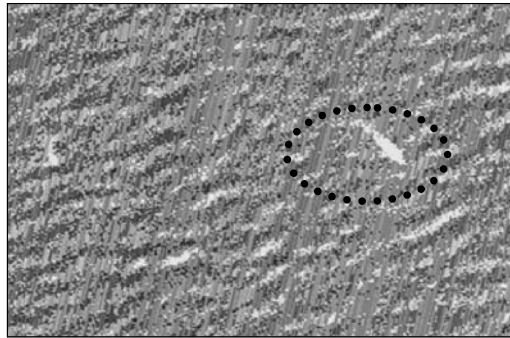


FIGURE 6. Texture and pattern of wave on the sea. The rough texture of the sea surface when weather was not so, appeared just vessel. The vessel (○) was distinguished from the regular pattern of the waves. A vessel should sail to orthogonal direction of waves

7) 높이와 깊이(height and depth)

연안어선의 경우 평균 길이가 8~13m이지만, 높이는 0.7~1.2m밖에 되지 않고, 근해어선의 경우도 평균길이가 30m인데 비해 높이는 2.5m로 매우 작다. 특히 선박높이를 비율상 1로 두면, 물에 잠기는 깊이부분(흡수, water drawn(by a vessel))이 2/3나 되는 특징을 가지고 있다. 그러므로 어선의 높이는 IRS-1C의 PAN 영상이 갖는 공간해상도(5.8m×5.8m)보다 작은 공간스케일에 속하여 식별되지 않았다.

8) 현황 및 연관성(situation and association)

선박 종류와 선박의 활동을 판단하고자 하는 경우 기상 및 해상상태, 조업현황, 선박의 사용 도구간 연관성은 매우 중요한 해석 요소가 될 수 있다. 태풍 통과시 선박의 대부분은 인접연안에 집결하는 현황을 나타낸다. 조업어선인 경우 어업방법(해양수산부, 2002)에 따라 한 척이 조업활동을 할 수도 있다. 쌍끌이 어업과 같이 두 척이 하나의 그물을 나누어 가지고 동시에 끌면서 조업활동을 하기도 한다(그림 7). 이와 같은 영상자료를 통해서 조업상황과 주변 조업의 어획 어종 특성 등을 간접적으로 연관시켜 나갈 수 있다.



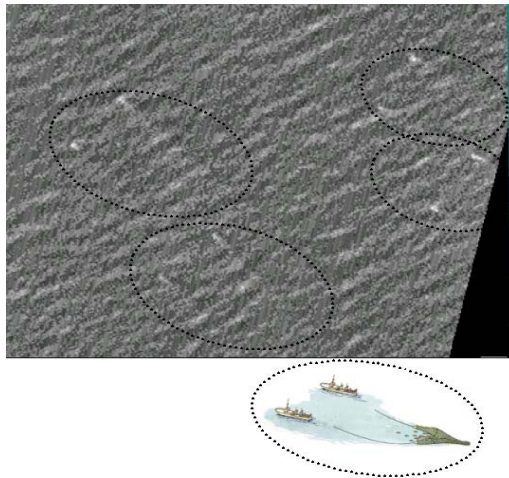


FIGURE 7. Situation and association of pair trawl. The situation of the fishing activity was estimated by information of fishing method related to the fishing boat

### 선박 위치 및 현황 파악 연구결과의 예

IRS-1C의 PAN(1 scene, 1999년 12월 10일) 영상에서 확인된 선박 분포도(그림 8) 및 제주도과 서해남부 연안의 GCP를 중심으로 IRS-1C의 PAN 영상(2 scene, 1999년 12월 10일)을 지형 보정한 계상 선박 분포도(그림 9)를 연구결과의 한 예로 나타내었다.

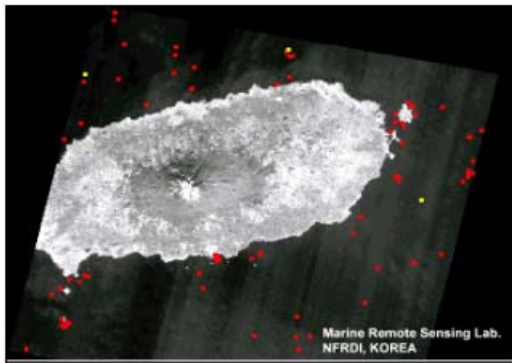


FIGURE 8. Position of the detected vessels around the waters of Jeju Island on the panchromatic imagery from IRS-1C on December 10, 1999

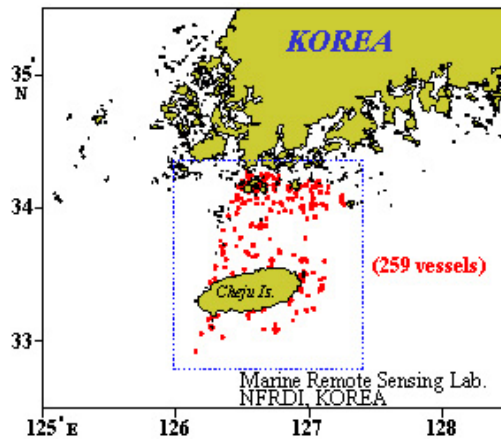


FIGURE 9. Geometrically corrected position of the detected vessels from IRS-1C on December 10, 1999

1999년 12월 10일 NOAA 위성으로 추정된 이 해역의 수온분포는 13~19℃, 클로로필 a 분포는 0.145~0.280 mg/m<sup>3</sup> 범위로 나타났다. 기상청 기상정보에 따른 기상상태는 평균 기온 11.2℃, 평균 풍속 3.7m/sec로 양호하였다.

### 향후 선박확인 연구접근방법

PAN 영상은 구름 등 기상의 영향을 받아 판독하지 못하는 경우가 많기 때문에 SAR(synthetic aperture radar)위성자료를 이용시 회귀주기는 45일 정도로 용이하지 않지만 기상상태와는 관계없이 선박을 확인할 수 있어 PAN 영상과 함께 보조영상처리 작업을 할 수 있다. 뿐만 아니라, 선박의 매질이 강철인지 목재인지 알 수 있어 현장의 상황정보를 간접적으로 알 수 있을 것으로 생각된다. 국립수산과학원에서 해류조사차 투하한 NOAA 위성의 ARGOS(위치추적) 부이를 모선박이 싣고 다녀 그 항로를 추적할 수 있었다(그림 10). 이와 같이 위성 위치추적시스템을 이용하여 한국 근해에서 시험선박의 위치를 정확히 파악함과 동시에 초고해상도의 multi-spectral band 위성자료를 이용하여 시험선박의 채색페인트 특성 등에

대한 다양한 위성정보를 종합 분석한다면, 현장의 임의선박에 대한 보다 정밀한 정보를 추정할 수 있을 것으로 기대한다.

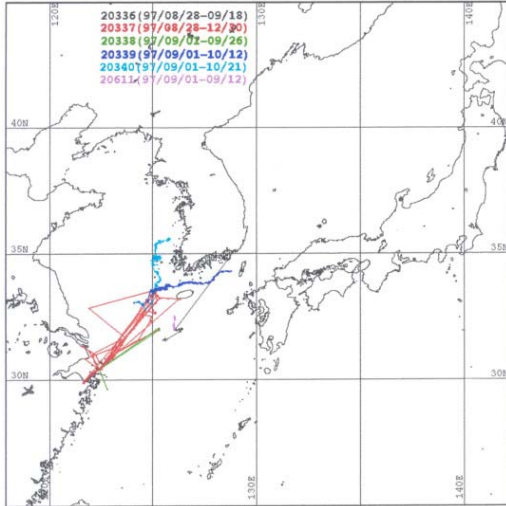


FIGURE 10. Vessels were tracked by ARGOS satellite tracking system from August 28 to December 30 in 1997

### 감사의 글

본 연구를 위해 위성자료를 지원하여 주신 한국지구관측센터(KEOC)와 해양수산부 관계자 여러분께 감사드립니다. 본 연구의 일부는 국립수산과학원의 「첨단위성 정보 활용시스템 운영」 과제의 일환으로 수행되었습니다. **KAGIS**

### 참고문헌

- 해양수산부. 2000. 수산자원보호령(제 23조 4항): 어업허가 및 신고 등에 관한 규칙. 수산관계법령집. 933pp.
- 해양수산부. 2002. 한국어구도감. 국립수산과학원. 579pp.
- Golden Software, Inc. 1997. SURFER for windows, version 6, Contouring and 3D Surface Mapping. 566pp.
- Gribble, N. A. and J. W. Robertson. 1997. Fishing effort in the far northern section cross shelf closure area of the Great Barrier Reef Marine Park : the effectiveness of area-closures. *J. Environmental Management* 52(1):544.
- Jensen J. R., 2000. Multi-spectral remote sensing system. *Remote Sensing of the Environment-An Earth Resource Perspective*. Prentice-Hall series. pp.220-221.
- Philipson W., 1997. *Manual of Photographic Interpretation(2nd Ed.)*. Bethesda, MD : American Society for Photogrammetry & Remote Sensing. 555pp.
- Z/I Imaging Corp., 2002. *Image Analyst Manual*. Imaging Document Library. 515pp. **KAGIS**