

항공영상활용 원격조사 방법 개발용역 완료 보고서

(Remote Sensing Method Development by Aerophoto
Utilization for the Statistics of Agriculture)

2010. 12

통 계 청

제 출 문

통계청장 귀하

본 보고서를 “항공영상활용 원격조사 방법
개발”연구용역의 결과보고서로 제출 합니다.

2010년 11월 19일

중앙항업(주) 김 상 성

연구진

연구책임자	김 상 봉	중앙항업(주) 수석연구원
공동연구자	장 세 진	중앙항업(주) 책임연구원
	서 현 덕	중앙항업(주) 책임연구원
	이 준 혁	중앙항업(주) 선임연구원
연구보조원	김 남 용	중앙항업(주) 연구원
	김 형 섭	(주) 지오시엔아이 부장
	김 성 재	(주) 지오시엔아이 과장
	김 동 영	(주) 지오시엔아이 과장

항공영상활용 원격조사 방법 개발용역 완료 보고서

(Remote Sensing Method Development by Aerophoto
Utilization for the Statistics of Agriculture)

- 차 례 -

제 1 장 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 농업 통계분야 원격탐사 활용 현황	2
가. 국내 현황	2
나. 해외 현황	3
1) 미국	3
2) 일본	4
3) EU(European Union)	5
4) 중국	6
3. 연구 목적	8
4. 연구 범위	9
5. 연구 방법	11
가. 항공영상을 활용한 재배면적조사 방법 개발	11
나. 항공영상을 활용을 위한 중장기계획 수립	12
다. 위성영상별 원격조사 효율성 비교	12
라. SAR 위성을 활용한 농업면적조사 방안 마련	13
 제 2 장 국내 디지털 항공영상 현황	 15
1. 디지털 항공 카메라 도입 현황	15
2. 디지털 항공 카메라 시스템의 특성	17
가. ADS40(Leica) 시스템	17
나. DMC(ZI-Imaging) 시스템	24
다. UltraCam(Vexcel)시스템	30
라. Pictometry시스템	34

3. 국내 디지털 항공영상 구축현황	37
가. 기 구축 디지털항공정사영상	38
1) 수치표고모델 및 정사영상지도 구축 사업	38
2) 다목적 디지털 지리정보 구축 사업	40
3) 민간부문 항공영상 구축	42
나. 『3차원 공간정보구축사업』 계획에 따른 항공 정사영상 구축	44
1) 3차원 공간정보구축 사업 개요	44
2) 사업 범위 및 내용	45

제 3 장 항공영상 활용 농업면적조사 방법 개발49

1. 항공영상 활용 농업면적 조사방법 개발개요	49
가. 현행 농업면적 조사개요	49
나. 항공영상 활용 농업면적 조사방법 개발개요	50
다. 판독 실험을 위한 항공정사영상 개요	51
1) 촬영장비	51
2) 항공정사영상 생성공정	52
3) 판독실험을 위한 항공정사영상	54
2. 항공영상 활용 육안판독 실험	55
가. 1차 판독 (무 기준자료 작물판독)	55
1) 1차 판독 개요	55
2) 1차 판독 대상지역 선정	55
3) 1차 판독 대상지역 항공영상 확보	57
4) 1차 판독 경지 구획	58
5) 1차 판독	59
6) 1차 판독 결과분석	60
나. 2차 판독(판독기준자료 제작)	63
1) 2차 판독 개요	63
2) 판독기준자료 제작 방법	63

3) 작물별 판독 가능성 분석	65
4) 판독 가능성 분석결과 및 판독 기준자료 작성	74
다. 3차 판독	75
1) 3차판독 개요	75
2) 3차 판독 대상지역 선정	75
3) 3차 판독 실험	76
4) 3차 판독 분석	76
5) 3차 판독 결과에 따른 작물판독 가능성	76
3. CIR영상 자동분류 실험	77
가. CIR영상 판독 대상지역 및 판독대상작물	77
나. CIR영상 생성	78
다. CIR영상 자동분류 실험	79
라. CIR영상 자동분류 실험결과	80
4. 다방향 경사영상 육안판독	81
가. 개요	81
나. 다방향 경사영상 판독대상작물 및 대상조사구 선정	81
다. 다방향경사영상 촬영	82
라. 다방향 경사영상 판독	83
마. 다방향경사영상판독 결과	84
5. 작물 재배면적 조사를 위한 최적 공간해상도 결정	85
가. 제약사항	85
나. 최적 해상도결정 실험	85
1) 실험 대상작물 및 대상지역 선정	86
2) 항공영상 확보 및 품질 평가	87
3) 대상조사구 구획	88
4) 대상작물 판독	89
5) 작물판독 결과 분석	89
6) 작물 판독을 위한 최적 해상도 결정	91

6. 실험 결과	93
가. 항공영상 육안판독에 의한 19종 작물의 판독 가능성	93
나. CIR(Color InfraRed)영상 자동분류 실험	96
다. 다 방향 경사영상에 의한 육안판독 실험	97
라. 항공영상 활용 원격조사를 위한 최적 공간해상도 결정	97
마. 종합정리	98

제 4 장 항공영상 활용을 위한 중장기 계획수립99

1. 항공영상 활용 중장기 계획 수립	100
가. 통계청의 『원격탐사 기법 활용을 위한 중장기계획』 (2009)	100
1) 수립배경	100
2) 통계청 중장기 계획의 추진 전략 및 과제	103
3) 통계청의 중장기 계획 추진 과제별 세부 계획	104
나. 원격탐사 활용계획에 따른 항공영상 활용 방안	108
1) 항공영상 활용 개요	108
2) 각 분야 별 세부 활용계획	109
다. 항공영상 확보 계획	115
1) 항공영상 간접 확보	115
2) 항공영상 직접 확보	117
2. 전국통계조사를 위한 소요예산 및 인력 산출	119
가. 항공영상 활용 전국통계조사의 필요성	119
나. 항공영상 전국통계조사를 위한 소요예산 및 인력산출	121
3. 항공영상 활용 원격조사 기법 도입을 위한 향후 과제	124
가. 항공영상의 활용비율을 확대하여 현장조사 비율 축소	124
나. 영상기반 표본을 활용한 재배면적 산출가능성 연구	124
다. GIS기반 요도관리 시스템 구축을 위한 실 경지 구획	124

제 5 장 위성 영상별 원격조사 효율성 비교	125
1. 연구 배경 및 목적	125
2. 원격조사 효율성 비교를 위한 위성영상별 수급현황	126
가. 경지면적 산출을 위한 위성영상 및 연구대상지 선정	126
1) ASTER (창원)	126
2) RapidEye (김제)	128
3) SPOT-5 (진천)	129
4) QuickBird (용인)	131
5) GeoEye (김제)	133
나. 위성영상별 자료 수급 현황	134
1) ASTER	134
2) RapidEye	135
3) SPOT-5	135
4) QuickBird	136
5) GeoEye	137
3. 위성영상 자료 전처리 과정	138
가. 기하보정(Geometric correction)	138
나. 정사보정(Ortho Rectification)	140
다. 영상분류(Image classification)	144
라. 객체기반 분류(Objective based Classification)	146
마. 현장 조사	150
바. 정확도 평가	150
4. 위성영상 분석을 통한 경지면적 산출	153
가. ASTER	153
1) 위성영상 자료 전처리	153
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성	154
3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가	156
나. RapidEye	157

1) 위성영상 자료 전처리	157
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성	158
3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가	159
다. SPOT-5	160
1) 위성영상 자료 전처리	160
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성	160
3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가	162
라. QuickBird	163
1) 위성영상 자료 전처리	163
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성	163
3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가	165
마. GeoEye	166
1) 위성영상 자료 전처리	166
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성	166
3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가	168
5. 위성영상별 경지 면적 조사 효율성 비교 및 분석	170
가. 가격/공간해상도/촬영계획/촬영면적/입수기간 비교	170
나. 영상별 자료 처리 및 경지 면적 산출 공정기간 비교	171
다. KOMPSAT-MSR 영상대비 위성영상별 경지 면적 조사 분석 장/단점 비교	172
라. 한반도 경지 면적 조사를 위한 위성영상별 효율성 분석 결과	174
마. RapidEye 영상을 이용한 논, 벼 전수 조사 사업 타당성 분석	177

제6장 SAR영상 활용 농업면적 조사 방안 마련178

1. SAR 영상의 개요	178
2. 농업분야에서의 SAR 영상의 활용사례	180
3. Terra-SAR 영상을 이용한 농업면적 조사 효율성 분석	186
가. Terra-SAR 영상자료 검색	186
나. Terra-SAR 영상자료 처리	187

다. Terra-SAR 영상 분류	188
1) Terra-SAR 단일 영상분류	188
2) Terra-SAR와 광학영상 Fusion에 의한 영상분류	189
라. Terra-SAR 영상분류 효율성 분석	191
4. 농지면적 조사를 위한 SAR 위성영상 자료 활용 방안	192
 부록 1. 작물구획방법(ArcMap ver.9.2)	195
부록 2. 관독 작물별 관독기준자료	205
부록 3. 정확도평가를 위한 기준점 좌표	209

- 표 차 례 -

<표 1-1> 미국 농업통계국(NASS)의 작물재배면적 조사를 위한 업무과정	4
<표 1-2> MARS 조직 및 역할	6
<표 1-3> 시기별 대상지역	9
<표 1-4> 관독실험을 위한 주요 19종 작물	9
<표 2-1> 대륙별 디지털 카메라 운용 현황	15
<표 2-2> 우리나라 주요 항공사 별 항공디지털 카메라 보유현황	16
<표 2-3> ADS40 항공 시스템 재원	20
<표 2-4> ADS40 선형 CCD 센서 구성	23
<표 2-5> DMC 카메라 주요 재원 및 사양	26
<표 2-6> 흑백 카메라 센서의 주요 재원 및 사양	27
<표 2-7> 다중분광 카메라 센서의 주요 재원 및 사양	27
<표 2-8> Sensor Unit (SU) 재원	31
<표 2-9> Pictometry 5방향 영상 촬영원리	35
<표 2-10> 다차원사업에 의한 정사영상지도 구축 현황 (2009년 현재)	39
<표 2-11> ‘다목적디지털지리정보구축사업’에 의한 항공영상 구축 현황	41
<표 2-12> 3차원 공간정보 구축사업 개요	46
<표 2-13> 축척별 항공정사영상 구축 사양	46
<표 2-14> 3차원공간정보(정사영상)년도별 구축 계획	47
<표 2-15> 사업추진조직	48
<표 3-1> 항공기 재원 및 성능	51
<표 3-2> ADS80 및 성능	51
<표 3-3> 항공정사영상 생성공정	52
<표 3-4> 표본조사구 내역	56
<표 3-5> UTM-k좌표계의 기본정보	57
<표 3-6> 구획 경지의 속성정보 구성(예)	58
<표 3-7> 조사구별 항공영상 관독현황	60

<표 3-8> 2차 판독결과에 따른 대상작물의 판독 가능성	74
<표 3-9> 3차 대상지역 개요	75
<표 3-10> 3차 판독결과에 따른 대상작물의 판독 가능성	76
<표 3-11> CIR영상 테스트 대상조사구 일반현황	78
<표 3-12> CIR영상 자동분류 결과	80
<표 3-13> 다방향 경사영상 판독실험을 위한 대상 조사구 현황	81
<표 3-14> 다방향 경사영상 촬영 현황	82
<표 3-15> 실험대상조사구 마늘·양파 재배 면적 현황	86
<표 3-16> 실험대상지 조사구내 재배작물 육안 판독(공간해상도 10cm 및 25cm)	89
<표 3-17> 잠재적 판독 가능 작물	94
<표 3-18> 판독 불가능 작물	96
<표 4-1> 원격탐사기법 도입을 위한 연구 성과	102
<표 4-2> 원격조사를 위한 항공영상 활용	108
<표 4-3> 판독가능 작물 및 현장 조사 비율	112
<표 4-4> 1일 촬영(1,500km ²)에 대한 항공 정사영상 생성의 소요시간 및 제원	118
<표 4-5> 1일 촬영 영상(1,500km ² , GSD:25cm)의 정사영상 생성비용	118
<표 4-6> 비용분석(25cm급)/100km ² 당(촬영면적 1,000km ² 이하의 경우)	121
<표 4-7> 비용분석(10cm급)/100km ² 당(촬영면적 1,000km ² 이하의 경우)	121
<표 4-8> 비용분석(25cm급)/100km ² 당(촬영면적 30,000km ² 이상의 경우)	122
<표 4-9> 비용분석(10cm급)/100km ² 당(촬영면적 30,000km ² 이상의 경우)	122
<표 4-10> 투입인력분석(25cm급)/100km ² 당	123
<표 4-11> 투입인력분석(10cm급)/100km ² 당	123
<표 5-1> ASTER 밴드 정보	127
<표 5-2> RapidEye 영상 헤더 정보	128
<표 5-3> SPOT-5영상 헤더 정보	130
<표 5-4> QuickBird 영상 헤더 정보	132
<표 5-5> GeoEye 영상 헤더 정보	133
<표 5-6> ASTER 분류 정확도 평가	157
<표 5-7> RapidEye 분류 정확도 평가	160
<표 5-8> SPOT-5 분류 정확도 평가	163

<표 5-9> QuickBird 분류 정확도 평가	166
<표 5-10> GeoEye 분류 정확도 평가	169
<표 5-11> 영상별 가격/공간해상도/한반도촬영주기/촬영면적/입수기간 비교	170
<표 5-12> 영상별 자료 처리 및 경지면적 산출 공정기간 비교	171
<표 5-13> ASTER 영상 장/단점 비교	172
<표 5-14> RapidEye 영상 장/단점 비교	173
<표 5-15> SPOT-5 영상 장/단점 비교	173
<표 5-16> QuickBird 영상 장/단점 비교	174
<표 5-17> GeoEye 영상 장/단점 비교	174
<표 5-18> 위성영상별 논, 밭 분류 정확도 평가	174
<표 5-19> 위성영상별 논, 밭 분류 효율성 검토	175
<표 5-20> RapidEye 논, 벼 전수 조사 사업 타당성 분석	177
<표 6-1> Terra-SAR 제원	184
<표 6-2> Terra-SAR 영상 수급현황	189
<표 6-3> Terra-SAR 자료처리 기간	189

- 그림 차례 -

<그림 1-1> 항공영상 활용 작물판독 실험 방법	11
<그림 1-2> 가용 위성영상 선택	13
<그림 1-3> SAR영상 선택	13
<그림 1-4> SAR영상 통합자료 처리	14
<그림 2-1> ADS40 개발사	17
<그림 2-2> ADS40 시스템 및 데이터 작업 흐름도	18
<그림 2-3> ADS40 항공 시스템 부품 구성	18
<그림 2-4> ADS40 SH40 구성	19
<그림 2-5> ADS40 카메라 촬영 방법	21
<그림 2-6> ADS40 수직, 전방, 후방 영상 획득	22
<그림 2-7> ADS40 카메라와 일반 프레임 카메라의 촬영 폭 비교	22
<그림 2-8> DMC 개발 과정	24
<그림 2-9> DMC 데이터 작업 흐름도	24
<그림 2-10> DMC Airborne System	25
<그림 2-11> DMC 카메라 본체	25
<그림 2-12> DMC 카메라 콘	26
<그림 2-13> DMC 카메라 배열	28
<그림 2-14> 각 sub-image의 촬영 영역 및 Tie point 영역	28
<그림 2-15> Virtual Image의 투영 중심	29
<그림 2-16> 4개의 Sub-Image와 제작된 Virtual Image	29
<그림 2-17> UltraCam 시스템 구성요소	30
<그림 2-18> UltraCam 센서장치	31
<그림 2-19> UltraCam 카메라 구조	33
<그림 2-20> UltraCam 카메라의 콘과 CCD 배치 모습	33
<그림 2-21> Pictometry 다방향 항공영상 시스템 촬영 영상	34
<그림 2-22> Pictometry 카메라 배치	36

<그림 2-23> 수치표고모델 및 정사영상지도 구축 사업 기본 개념	38
<그림 2-24> 다차원사업에 의한 정사영상지도 구축 현황	40
<그림 2-25> 다목적디지털지리정보구축 개념	41
<그림 2-26> 다목적디지털지리정보구축에 의한	42
<그림 2-27> 민간분야의 항공영상 구축	43
<그림 2-28> 3차원 공간정보 구축 지역	46
<그림 3-1> 항공영상 활용 농업면적조사방법 개발개요	50
<그림 3-2> 촬영계획 및 촬영(FPES/FCMS)	52
<그림 3-3> 초기 외부표정요소 산출(IPAS/GrafNav)	53
<그림 3-4> 수치미분편위수정(정사영상생성)	53
<그림 3-5> 전국 촬영인덱스	54
<그림 3-6> 2009년 표본조사구별 작물재배정보(예)	55
<그림 3-7> 1차 판독 대상지역	56
<그림 3-8> 항공영상 절취 범위	57
<그림 3-9> 작물구획(예)	58
<그림 3-10> 무작위 작물판독(예)	59
<그림 3-11> 판독기준자료 제작방법	63
<그림 3-12> 촬영 시점 기준 전국 조사구 분류	64
<그림 3-13> NIR밴드 촬영 지역	77
<그림 3-14> CIR영상 생성	79
<그림 3-15> 감독분류 결과	80
<그림 3-16> 다방향 경사영상 판독실험 대상지역	81
<그림 3-17> 경사영상 촬영	82
<그림 3-18> 응봉면 송석리 일원	83
<그림 3-19> 응봉면 증곡리 일원	83
<그림 3-20> 최적해상도 결정실험 순서	85
<그림 3-21> 최적해상도 결정을 위한 테스트 지역	86
<그림 3-22> 대상지역 항공영상(GSD 10cm)	87
<그림 3-23> 10cm급/25cm공간해상도비교	87
<그림 3-24> 최적해상도 결정 실험을 위한 항공영상 품질 평가(10cm, 25cm급) ·	88

<그림 3-25> 최적 해상도 결정을 위한 대상조사구 구획	88
<그림 3-26> 마늘과 양파의 공통 재배 특징(오산시)	90
<그림 3-27> 마늘 및 양파의 판독 예(여주군)	90
<그림 3-28> 공간해상도 별 작물 판독	91
<그림 4-1> 통계청 중장기계획의 추진전략 및 목표	103
<그림 4-2> 환경부 토지피복지도(영상기반 표본추출 모집단)	104
<그림 4-3> 원격탐사 기반시스템 구축	105
<그림 4-4> 3S기반 농업통계의 현재와 미래	107
<그림 4-5> 현행 필지 기반 표본 조사구	109
<그림 4-6> 영상기반 표본설계	109
<그림 4-7> KOMPSAT-2 촬영 궤적(예) 및 사용불가 영상(예)	110
<그림 4-8> 경지면적 조사 영상 활용	111
<그림 4-9> 지적도 기반 조사구 요도	113
<그림 4-10> 항공영상 활용 실 경작지 수치 구획	114
<그림 4-11> UMPC에 의한 현장조사	114
<그림 4-12> 항공영상 간접 확보 및 활용방법	116
<그림 4-13> 항공영상의 기복변위(Relief)	117
<그림 5-1> ASTER Full scene 영상 및 연구대상지	127
<그림 5-2> RapidEye Full scene 영상 및 연구대상지	129
<그림 5-3> SPOT-5 영상 및 연구대상지	131
<그림 5-4> QuickBird 영상 Full scene 및 연구대상지	132
<그림 5-5> GeoEye 영상 Full scene 및 연구대상지	134
<그림 5-6> ASTER 영상 촬영 현황	135
<그림 5-7> SPOT-5 영상 촬영 현황	136
<그림 5-8> QuickBird 영상 촬영 현황	137
<그림 5-9> GeoEye 영상 촬영 현황	137
<그림 5-10> 객체기반 분류처리 흐름도	147
<그림 5-11> segmentation 결과물의 속성정보 입력	148
<그림 5-12> segmentation 결과물의 폴리곤 병합	148
<그림 5-13> segmentation 결과물 편집	149

<그림 5-14> segmentation 속성정보 수정	149
<그림 5-15> 현장조사 사진	150
<그림 5-16> ASTER 영상 자료의 프로덕트별 흐름도	153
<그림 5-17> ASTER 영상 자료의 프로덕트별 보정 정보	154
<그림 5-18> ASTER기반 감독분류	155
<그림 5-19> ASTER기반 농경지 분류지도	156
<그림 5-20> RapidEye 정사보정	157
<그림 5-21> RapidEye기반 감독분류	158
<그림 5-22> RapidEye기반 농경지 분류지도	159
<그림 5-23> SPOT-5기반 감독분류	161
<그림 5-24> SPOT-5기반 농경지 분류지도	162
<그림 5-25> QuickBird기반 감독분류	164
<그림 5-26> QuickBird기반 농경지 분류지도	165
<그림 5-27> GeoEye기반 감독분류	167
<그림 5-28> GeoEye기반 농경지 분류지도	168
<그림 6-1> SAR의 기본원리	178
<그림 6-2> MODIS 영상과 JERS-1 영상을 이용한 논 면적 추출	180
<그림 6-4> SAR 영상을 이용한 벼의 생육 및 수량 모니터링	182
<그림 6-6> JERS-OPS JERS-SAR를 이용한 농작물 분류	184
<그림 6-8> Terra-SAR 영상자료 검색 및 영상 헤더파일	186
<그림 6-9> Terra-SAR 기하보정 영상	187
<그림 6-10> Terra-SAR 영상의 무감독 분류	188
<그림 6-11> Terra-SAR / QuickBird 영상의 Fusion	189
<그림 6-12> Fusion 영상을 이용한 MLC 분류	190

제 1 장 서 론

1. 연구 배경

- 미국을 비롯한 주요 선진국들은 위성영상 및 항공영상을 활용한 원격조사 기법을 농업 통계생산분야에 적용하는 연구를 수년 전부터 수행해 왔으며, 일부분야에서는 이미 실용화하여 원격조사기법을 활용한 농업통계를 생산하고 있다.
- 우리나라도 2006년 다목적실용위성인 아리랑 2호를 성공적으로 발사하여 공간해상도 1m급의 위성영상을 저렴한 비용으로 활용 할 수 있게 되었고, 2007년 이후 국내에 도입되기 시작한 디지털항공카메라의 안정적인 보급으로 고해상항공영상을 수시로 확보하여 활용할 수 있는 기반환경이 조성되었다.
- 현행 농업통계조사방법은 원거리에 산개해 있는 수많은 표본조사구들을 조사요원들이 직접 방문하여 조사하는 표본조사원년의 방법을 그대로 사용하기 때문에 많은 시간과 비용이 소요되며 통계 생산업무의 부담을 가중시킨다.
- 특히 지적도 기반의 조사구 요도 상에 목측 및 줄자로 측정한 대상 작물의 면적을 그려 넣는 현행 면적 측정 방법은 비표본오차를 발생시키기는 원인이 되기 때문에 조사방법의 과학화가 시급한 실정이다.
- 이에 통계청은 농업통계분야에 원격조사 기법을 도입하기 위하여 2008년 연구용역과 2009년의 자체 시험 조사를 통해 위성영상을 활용한 ‘경지면적조사’의 기술력을 확보함으로써 영상기반의 농업통계조사의 기반을 마련하였다. 그러나 위성영상만으로는 작물 재배면적 및 생산량조사 등의 세부적인 통계생산을 수행 할 수 없기 때문에 공간해상도가 위성영상보다 월등히 우수한 항공영상을 활용한 원격조사 방법의 개발이 시급히 필요하다.

2. 농업 통계분야 원격탐사 활용 현황

가. 국내 현황

- 우리나라는 1973년 이래로 표본설계를 통한 경지면적 및 작물재배면적통계생산을 실시하여 왔다. 농업 기반환경의 변화와 주요 작물의 작부체계의 변화를 반영하기 위하여 이후 약 10여년을 주기로 3회에 걸친 표본재설계가 있었으며, 2010년 현재에는 2005년 구축된 표본으로 표본조사가 실시되고 있다. 또한 구축된 모집단은 작물재배현황에 따라 총 11개의 층으로 층화된 후 각 층별로 비율에 맞게 표본 단위구가 추출되며, 특수작목의 통계를 반영하기 위해 주산지 표본을 별도로 확보하여 조사한다.
- 재배면적통계는 작물의 생육상황에 따라 연간 5회에 걸쳐 조사하게 되며, 경지면적통계는 매년 11월 제5회 작물재배면적 통계 조사와 함께 병행한다. 통계 추산 방법은 각 시·군별로 전년도 통계값에 표본단위구내의 변화 비율을 증감시켜준 후, 대단위 경지 혹은 재배면적의 증감으로 인한 전수 조사값을 증감시켜주어 추산하게 된다. 각 시·군별 통계값은 각 도 및 전국단위로 합계되어 통계값을 생산하게 된다.
- 현행 면적통계는 근본적으로 표본조사로 이루어지기 때문에 다음과 같은 표본조사에서 오는 문제점들을 가지고 있다.
- 첫째, 표본설계가 자주 이루어지지 못하고 약 10여년을 주기로 이루어지기 때문에 모집단을 이루는 표본편성 자체가 변화하는 경지상황 및 작부체계를 반영하기에는 무리가 있다.
- 둘째, 기본적으로 표본조사가 가져오는 표본오차(sampling error)를 수반하고 있다. 즉, 전수조사는 현재의 통계조사 여건을 고려할 때 현실적으로 불가능하기 때문에 이에 대한 대안으로 표본조사가 활용되고 있다. 그러나 방대한 현장 답사가 요구되는 농업통계의 특성상 잘못된 표본추출이 발생 할 수 있으며, 이 경우 조사치와 현실치와의 괴리가 불가피하게 발생할 수 있다.

- 셋째, 매년 경지면적 및 작물재배면적을 추정할 때 전년도 통계값을 기준으로 표본단위구내의 증감상황을 반영하기 때문에 잘못된 통계값이 누적되어 해가 거듭할수록 편의가 커질 수 있는 가능성이 존재하고 있다.
- 마지막으로 현행 면적통계생산은 최소 시·군단위로 생산되기 때문에 기초지방자치단체에서 필요로 하는 면단위 혹은 동단위의 세밀한 통계의 생산·보급이 불가능하다. 이러한 통계는 중앙정부가 정책수행 및 정책방향을 설정하는 통계로는 적합하나 지역사회 농업발전에 대한 기여도는 낮다고 볼 수 있다.

나. 해외 현황

1) 미국

- 미국의 경우 농업통계국(NASS)을 중심으로 1954년부터 농업 통계 조사를 위해 전국 토에 대한 모집단 단위구를 구축하기 시작 하였으며, 1978년부터는 위성영상, 항공영상, 지리정보시스템(GIS)등을 활용한 원격탐사기술을 도입하여 단위구 구축을 위한 현장조사 업무를 원격조사 기법으로 대체하기 시작하였다.
- 원격조사 기법으로 구축된 모집단 단위구들은 층화(Stratification)를 통해 경작지(cultivated), 농업도심(agri-urban), 도심(intensive urban), 비농업지대(non-agricultural), 수역(water)등으로 총 5개 층으로 나뉘며, 각 층별로 비율에 따라 표본 단위구를 추출하여 농업통계조사에 이용한다.
- 또한 미국 농업통계국(NASS)은 원격조사 기법을 활용한 작물의 재배면적 추정을 위해 1972년부터 Landsat-1위성을 활용한 연구를 수행하였으며, 1980년부터 아이오와(IOWA)주의 작물 재배면적 추정에 원격조사 기법을 도입하기 시작하여, 현재는 미전역의 판독가능한 모든 작물을 원격조사 기법으로 추정하고 있다.
- 미국 농업통계국(NASS)의 작물 재배면적 조사를 위한 일반적인 업무과정은 다음 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 미국 농업통계국(NASS)의 작물재배면적 조사를 위한 업무과정

	업무과정	세부업무
1	재배면적 추정을 위한 각종 자료 수집	-현장실사자료 수집 -위성영상 및 GIS자료 수집
2	위성영상 판독	-현장실사자료를 참조값으로 활용하여 작물 구분 및 재배면적 분석 -분류정확도 및 판별 정확도 검증
3	작물재배면적 추정	-위성영상 판독결과와 현장실사 자료간의 회귀계수 도출 -위성영상 재배면적 분석결과를 회귀계수로 제 조정하여 최종 재배면적 추정
4	추정결과 보고	-ASB(Agricultural Statistics Board)에 보고
5	재배면적 디지털지도(CDL) 제작 및 배포	-재배면적 공식통계 공표 후, 영상판독결과를 GIS지도로 작성하여 통계수요자들에게 배포

2) 일본

- 일본의 농업 통계조사는 1950년 세계농림업 센서스 이후 국제조약에 따라 10년마다 실시하고 있으며, 그 중간 년에는 일본 독자적인 농림업 통계조사를 실시하고 있는데, 농업통계 조사 체계로는 전국 180개소에 이르는 통계정보센터를 비롯해 도도부현(都道府縣), 농정국 단위로의 실시체제를 정비해 통계조사를 실시하고 있다.
- 일본의 농업통계 조사체계 역시 우리와 마찬가지로 전국의 경지를 약 2ha단위로 묶어서 추출한 약 194만개의 단위구 모집단을 생성하고, 여기에서 추출한 약 5만 여개의 표본 단위구를 센터 직원 또는 조사원이 현장을 방문하여 실측조사를 실시하여 추정해오고 있다.
- 그러나 2006년 01월 ALOS위성의 발사 성공으로 일본의 농림수산성은 2007년부터 경지파악을 위한 면적조사의 모집단 정비를 위해 ALOS영상을 활용하기 시작하여 농업통계조사에 원격조사 기법을 도입하기 시작하였다. 또한 자연재해로 인한 농가의 피해 경지의 수량 파악조사에서 위성영상을 활용하고 있으며 손해평가방법의 확립의 검토도

시행하고 있다.

- 또한 농업통계 면적조사를 위해 필요한 모집단 정보의 효율적인 정비를 목적으로 정사보정된 수 cm 급의 고 해상 항공영상이나 고해상도 위성영상의 활용성을 검토 중에 있다.

3) EU(European Union)

- 유럽의 농업통계조사에서 원격조사 기술을 적용하기 시작한 것은 유럽전역에 대한 신속하고 정확한 농업 통계 및 관측에 대한 정보를 수집 할 수 있는 기술을 확보하기 위한 MARS(Monitoring of Agriculture with Remote Sensing)프로젝트로부터 시작되었다.
- MARS 프로젝트는 1988~1998년 동안 1, 2차에 걸쳐 유럽위원회(European Commission) 산하의 Joint Research Center를 중심으로 진행되었다. MARS프로젝트는 경지면적으로부터 시작하여 수확량예측시스템의 개발까지 다양한 부문의 원격탐사 기술의 응용 가능성을 연구해 왔으며 MARS의 각 조직 및 역할은 다음 <표 1-2>와 같다.
- MARS는 또한 유럽의 공동농업 정책에 중요한 정보를 제공하기 위하여 유럽의 전반적이고 포괄적인 작물재배면적의 변화를 탐지하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 유럽전역에 걸쳐 40km×40km로 이루어진 60개의 정방형 현장관측지역을 선정하고 해당지역에 대한 지속적인 관측을 통하여 유럽전체 수준의 작물생산 기반의 변화를 모니터링하고 있다.

<표 1-2> MARS 조직 및 역할

AGRI4CAST	- 작물 생산량 예측 - 작물 모델링 - 재배면적 산출 - 기후 변화 및 위험성 평가
CID	- 원격탐사 자료 (인공위성자료, 항공사진)의 획득 및 관리 - 원격탐사 자료 검색 시스템 운영
FOODSEC	- EU 외 국가에 대한 작물 모니터링 및 조기 경보
GeoCAP	- 농업분야 정책 수립에 필요한 각종 지리정보 제작 및 지원

4) 중국

○ 중국 통계국 개요

- 3S(GPS, RS, GIS)기술과 통계업무의 유기적인 결합을 추구한다.
- 대지 표본조사와 원격탐사가 결합되는 天, 地, 人통합 통계조사 체계 구축 (원격탐사(天) + 면적표본(地) + 대지조사(人))을 구축한다.
- 현장조사도 위성(항공)영상, GIS 데이터, GPS 탑재 장비 활용한다.
- 2003년부터 재배면적 응용을 중심으로 시작하여 이미 실용화 단계에 도달, 생산량 추정에도 상당한 진전이 있었다.
- 국토 전반의 조사를 상급 조직 에서 처리, 산학 연계 체제를 구축한다.
- 재배 면적을 토대로 생산량 예측 등 통계국 목표 업무를 수립한다.

○ 중국은 농업대국이면서 작부체계가 세계상에서 가장 복잡한 국가이며, 윤작, 간작이 많고 재배면적의 계절성이 강하고 연내·연간 변화가 심하다. 또한 남방지역은 비가 많고 흐린 날이 많아 영상 취득 시 애로사항이 많기 때문에 관련 통계조사의 완전한 원격탐사 전환은 매우 어려운 실정이다.

○ 1990년대 후반부터 관련 부처에서 연구 및 실용화로 원격생산량예측 시험운영 시스템 구축(중국과학원), 전국 농산물 생산량 예측 및 농업자원 관측시스템 구축 및 시험조사 실시(농림부 원격응용센터), 중국 북방지역 겨울보리 기상위성 동태관측 시스템 구축 등을 구축하였다.

- 2006년 『국가863 고급과학기술계획』 중 중점 과제인 『국가통계 원격 업무화 시스템 관련 기술연구와 응용』을 국가 통계국에서 담당하였다. 국가 863계획은 과학기술분야 최고 프로젝트로 원격기술 응용은 국가 최고급 개혁안 중 하나이며, 국가 주요 식량작물 재배면적 원격 측량 및 생산량 예측시스템, 농촌 표본조사 공간화 표본 관리시스템을 연구하였다.
- 원격탐사 통계조사결과 공표체계를 구축하여 단순한 표, 그래프 위주의 통계서비스를 위성영상과 영상판독결과, 관련 시계열 자료를 활용한 비주얼한 통계서비스를 실시하였다.

3. 연구 목적

- 본 연구에서는 주로 고 해상 항공영상을 활용하여 작물재배면적 조사 업무방식을 효율적으로 개선하고 위성영상을 활용한 경지면적조사의 합리적 예산지출기반을 조성하기 위해 다음과 같은 연구를 수행하고자 한다.
- 첫째, 항공영상을 활용한 농업면적 조사 방법을 개발한다. 즉, 항공영상을 활용하여 주요 19종 작물의 판독 가능성을 제시하고, 항공영상에 의해 각 작물의 재배면적을 산출함으로써 항공영상을 활용한 농업면적 조사의 방법론을 제시한다.
- 둘째, 항공영상을 활용하기 위한 중장기 계획을 수립한다. 향후 농업통계 조사 분야에 원격조사 기법을 안정적으로 도입하기 위하여 고해상 항공영상이 농업통계업무에 활용될 수 있는 분야를 조사하여 중장기 계획을 수립하고, 전국단위 조사에 따른 소요예산 및 인력을 산출 한다.
- 셋째, 경지면적조사에서 활용될 수 있는 가장 효율적인 위성영상을 제시한다. 경지면적 조사에서 주로 활용되는 KOMPSAT-2영상의 미확보지역에 대비하여, 활용가능한 모든 위성영상에 대해 ‘경지면적조사’의 효율성을 분석함으로써 KOMPSAT-2영상을 대체할 최적의 영상을 제시한다.
- 넷째, 농업면적 조사 분야에서 SAR(Synthetic Aperture Radar)영상의 활용 가능성을 검토한다. 즉, 향후 아리랑5호에 탑재될 SAR 센서의 활용방안을 모색하기 위하여 SAR 영상의 농업통계분야에서 활용범위를 분석하고 해외 활용사례를 조사한다.

4. 연구 범위

- 항공영상을 활용하여 성장시기가 서로 다른 작물들의 판독가능성을 분석하기 위해서는 성장시기별로 촬영된 항공영상들을 활용한 지역별 분석을 통해 가능하다. 그러나 모든 영상을 신규로 촬영하여 획득하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 본 연구에서는 <표 1-3>에서와 같이 2009년부터 2010년까지 약 1년 5개월에 걸쳐 촬영한 전국의 항공영상을 활용 하였다.

<표 1-3> 시기별 대상지역

촬영시기	대상지역
2009년	- 충청, 경상, 전라, 제주, 대구, 대전, 부산, 울산 권역
2010년	- 강원, 경기 권역

- 본 연구에서는 항공영상을 이용한 주요 작물의 판독실험과 재배면적 산출실험을 통해 항공영상을 활용한 원격조사 기법으로 재배면적을 조사하는 방법을 제시하고자 하며, 작물판독실험을 위한 주요 대상작물은 총 19종으로 <표 1-4>와 같다.

<표 1-4> 판독실험을 위한 주요 19종 작물

No.	작물명	No.	작물명
1	맥류(보리)	11	복숭아
2	콩	12	배
3	감자	13	포도
4	고추	14	감
5	마늘	15	감귤
6	양파	16	대파
7	무	17	양배추
8	배추	18	당근
9	참깨	19	쪽파
10	사과		

- 또한 농업통계조사분야에서 원격탐사기법의 안정적인 활용을 위하여 통계청에서는

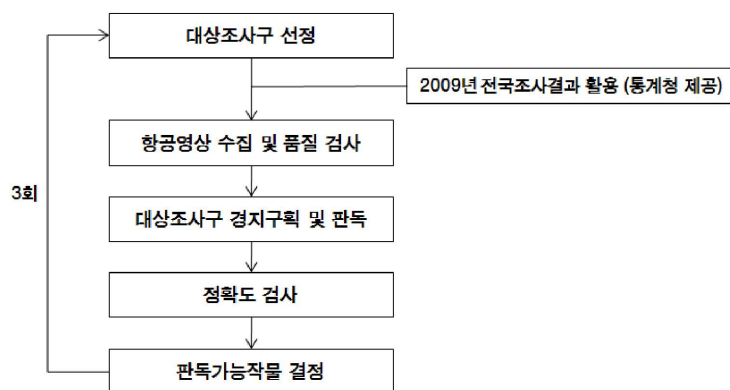
『원격탐사 기법 활용을 위한 중장기 계획』을 수립하였으며, 중장기 계획의 주요 추진 분야별로 항공영상이 유용하게 활용될 수 있는 부분을 검토하고, 항공영상을 활용한 전국단위 농업통계조사에 대비하여 소요인력 및 비용을 산정해 보고자 한다.

- 또한 경지면적 조사에서 활용 가능한 위성영상을 최대한 확보한 후, 확보된 모든 위성 영상별로 경지면적 산출실험으로 효율성을 분석하고 각 위성영상별 경제성을 고려하여 경지면적 조사에서 KOMPSAT-2를 보완 할 가장 효과적인 위성영상을 제시한다.
- 그리고 확보된 모든 위성영상에 대하여 전국 단위 조사를 위한 영상별 사업성을 검토 하고, 수급실태 및 최근 3년간 한반도 촬영 실적을 조사하여 그 결과를 제시한다.
- 마지막으로 향후 아리랑 5호에 탑재될 SAR(Synthetic Aperture Radar)센서의 효과적인 활용을 위하여 아리랑 5호에 탑재될 SAR센서의 기본사양과 비슷한 수준의 다른 SAR영상을 선택하여 SAR를 활용한 농업면적조사의 범위, 판독정확도, 판독가능식물 및 판독 정확도 등을 검토한다.

5. 연구 방법

가. 항공영상을 활용한 재배면적조사 방법 개발

- 항공영상을 활용한 작물재배면적 조사를 위해서는 기본적으로 항공영상에서 해당 작물을 판독 할 수 있어야 하며, 재배면적조사는 판독 된 작물을 영상에서 구획함으로써 구해지는데, 전반적인 연구방법은 다음 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-2> 항공영상 활용 작물판독 실험 방법

- 즉, 대상조사구의 선정은 2009년에 시행된 전국의 재배면적 조사 결과를 활용하여 결정하며, 대상조사구가 결정되면 대상조사구와 동일지역의 항공영상을 수집하고 수집된 항공영상에서 실제 재배 경지에 대한 구획 및 육안판독을 실시한다. 판독가능작물은 해당 조사구를 관할하는 통계청의 지방사업소의 검증을 통해 결정되는데 총 3회에 걸쳐 수행하여 지역적 편차를 최소화 한다.
- 또한 재배면적 조사에 가장 적합한 항공영상의 지상표본거리(GSD)를 결정하기 위하여 성장패턴이 유사한 작물들을 선정하고 이들에 대한 해상도별 판독실험과 경제성을 분석한다.
- 항공영상의 육안판독뿐 아니라 가시영역 밖의 분광대역을 활용한 작물판독의 가능성을 검토하기 위해 근 적외선(NIR)의 분광밴드를 활용한 CIR(Color InfraRed)영상을 생성하여 영상분류 기법에 의한 분류 실험을 실시한다.

- 또한 최근 국내에 도입되어 3차원 공간정보구축을 위해 주로 사용되는 픽토메트리(Pictometry) 경사영상을 농업 통계분야에서 활용 가능성을 분석한다.

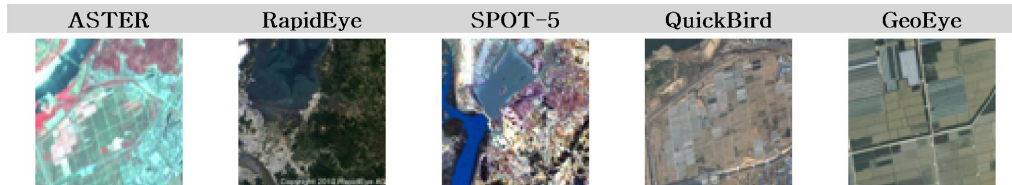
나. 항공영상을 활용을 위한 중장기계획 수립

- 농업통계분야에 항공영상을 활용한 원격조사 기법을 접목하기 위해서는 우선 원격조사 기법활용을 위한 통계청의 중장기계획을 분석할 필요가 있다. 따라서 중장기 계획 중 원격조사 기법이 접목되는 분야를 분석하고 업무효율향상을 위해 고해상 항공영상이 활용될 수 있는 분야를 검토한 후, 그 활용방안을 제시한다.
- 또한 향후 고 해상 항공영상을 활용한 전국단위 통계조사에 대비하여 농업통계분야에서 활용될 수 있는 항공영상을 구축하고 항공영상을 활용한 농업통계생산에 드는 비용 및 소요인력을 산출한다.

다. 위성영상별 원격조사 효율성 비교

- 각종 위성영상을 활용한 농업면적조사 효율성 비교를 위하여 현재 활용되고 있는 영상을 판독하여 경지면적 산출(원격조사)하고, 원격조사 소용비용, 작업 인력 등을 각 영상별 비교 및 효율성을 통하여 검토한다. 또한, 영상 구입비 예산 내에서 활용가능한 모든 영상을 검토하여 고해상도에서 저해상도 영상까지 활용가능한 모든 영상을 예산 한도 내에서 모두 검토하고, 영상별 최소한 하나의 'full scene'을 분석하여 결과를 제시한다.
- 전국 단위 조사에 대비한 효율성 검토를 위하여 전국 단위 원격조사 시 비용 및 영상 판독 인력 등을 비교하여 각 영상별 사업성을 종합적으로 검토하고, 통계청 조사환경 하에서 원격조사에 가장 적합한 영상자료를 선정한다. 아울러, 현재 각 영상별 수급 실태 및 최근 3개년 간 한반도 촬영 실적 조사를 실시한다.
- 위성영상 선택 시 고려사항은 다음과 같다.
 - 저해상부터 고해상까지의 공간해상도를 고려한다.

- RGB, IR 모드 보유 위성을 고려한다.
- 구름 차폐지역 20% 미만으로 결정한다.
- 영상품질 평가 양호한 것으로 결정한다.



<그림 1-2> 가용 위성영상 선택

라. SAR 위성을 활용한 농업면적조사 방안 마련

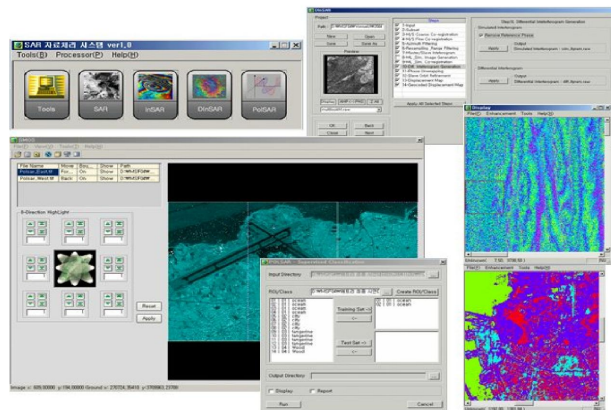
- 능동형 센서인 SAR(Synthetic Aperture Radar)센서를 탑재하고 발사 예정인 아리랑 5호는 기상 조건에 영향을 받지 않고 SAR 영상을 제공할 수 있다. 따라서 SAR 영상을 이용한 농업면적 조사 방안 마련은 농업통계자료 생성을 위해 효율성을 제공할 수 있다. 이에 위성 발사 이전에 효율적인 활용방안에 대한 연구를 수행하고 세부적인 방법을 수립하여 통계정보의 정확도 및 활용성을 확보한다.
- SAR영상의 활용범위를 다각도 분석을 통하여 SAR영상으로 활용 가능한 농업면적조사의 범위 검토뿐만 아니라, 경지면적에 대한 판독 정확도, 재배면적이 판독 가능한 작물 및 해당 작물별 판독 정확도를 제시한다. 아울러, SAR영상을 활용한 농업면적조사 방법 개발을 위하여 전천후레이더 영상인 SAR영상을 활용한 농업면적조사 방법을 개발한다.



<그림 1-3> SAR영상 선택

- 기구축 자료 및 Head-up Digitizing에 의한 작물 판독은 다음과 같다.
 - SAR 영상 및 기 구축 GIS 데이터(수치지도, 수치지적도, 농업관련자료 등) 확보한다.

- SAR 영상 전처리과정으로 필터링, 노이즈 제거한다.
- 기하보정 및 정사영상 제작을 위하여 수치표고자료를 활용한다.
- 기 구축 자료를 참조하여 판독 가능 식물 선별한다.
- 판독 식물 Head-up Digitizing(수치화) 한다.
- 구조화 편집을 실시한다.
- 최종 분류지도를 제작한다.



<그림 1-4> SAR영상 통합자료 처리

제 2 장 국내 디지털 항공영상 현황

1. 디지털 항공 카메라 도입 현황

- 2000년 07월 항공 디지털카메라가 기존의 항공 사진측량용 필름 카메라를 대신하여 등장하였다. Amsterdam ISPRS 회의에서 Leica의 ADS40와 Z/I의 DMC 카메라가 발표되었고 일본이 첫 번째 구매자였다. 이들 카메라들은 발표되기까지 많은 시간이 소요되었는데 이것은 당시의 IT 기반 기술이 충분하지 못하여 대용량의 카메라 정보를 다룰 수 있는 안정된 시장을 위한 컴퓨터 혁신이 필요했기 때문이다. 시간이 지남에 따라 Moore의 법칙과 같은 컴퓨터 기술이 발전하여 IT 기반 시설의 성능과 가격은 2000년도에 비해 2005년에 훨씬 향상되었다.
- 항공 디지털 카메라는 크게 3대 회사가 대부분을 차지하고 있다. Leica의 ADS40, Z/I의 DMC, 마지막으로 Vexcel의 UltraCam으로 세계적으로 이 3개의 카메라가 대부분의 시장을 차지하고 있다. <표 2-1>은 2000년 초부터 2006년 03월까지의 대륙별 항공 디지털 카메라 운용 현황을 나타낸다.

<표 2-1> 대륙별 디지털 카메라 운용 현황

Market share	점유율%	Europe	CIS -GUS	Middle East	Africa	Asia Pacific	AP /JAKO	Americas
ADS40	39	8	3			7	3	18
DMC	30	8				10	4	8
UltraCam	29	12	1	1	2	4	4	5
TLS	1						1	
HRSC	1	1						
Total	100	29	4	1	2	21	12	31

- 우리나라의 경우 항공디지털 카메라는 2006년에 시범 연구사업(대한측량협회, 2006년)을 실시하고, 2007년부터 순차적으로 국내에 도입되기 시작하였다. 2010년 현재까지 국내에 도입된 항공 디지털 카메라의 종류는 ADS40, DMC, UltraCam, Pictometry 등이 있으며, 우리나라의 주요 항공사진측량 업체별 항공디지털 카메라 보유현황은 <표 2-2>와 같다.

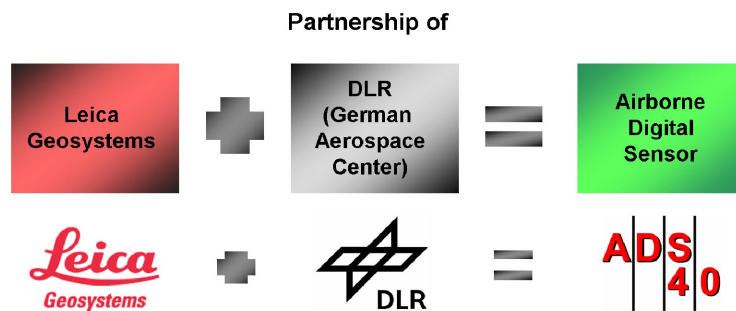
<표 2-2> 우리나라 주요 항공사 별 항공디지털 카메라 보유현황

	ADS40	DMC	UltraCam	Pictometry
중앙항공업	2			1
새한항공업		2		
한진정보통신	1			
범아엔지니어링		1		
아세아항공측		1		
삼아항공업			3	
신한항공업			1	
공간정보기술	1			
합계	4	4	4	1

2. 디지털 항공 카메라 시스템의 특성

가. ADS40(Leica) 시스템

- ADS40는 <그림 2-1>에서 나타낸 바와 같이 Deutsches Zentrum Für Luft-und Raumfahrt (독일 항공 센터-DLR)와 Leica Geosystem이 공동 개발하였으며 3라인 스캐너 원리를 사용하고 있다.



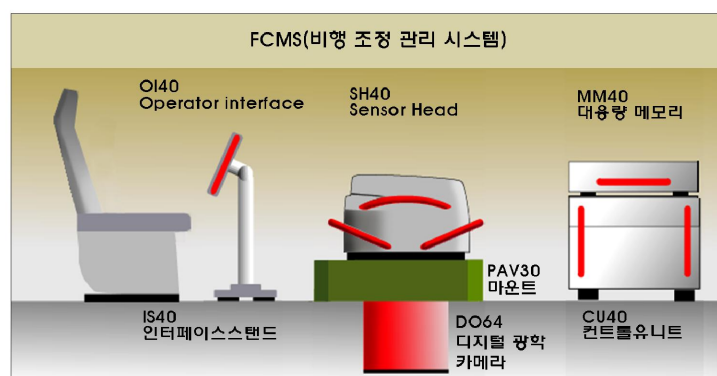
<그림 2-1> ADS40 개발사

- ADS40는 기존 Leica Geosystem 계열의 RC30 아날로그 필름 카메라와 매우 다른 형태의 디지털 카메라이다. 이것은 촬영되는 항공 영상이 아날로그 필름 영상이 아닌 디지털 영상일 뿐만 아니라 프레임 카메라가 아닌 긴 선형 CCD 배열의 Pushbroom 형태의 카메라를 사용하여 촬영한다는 점이다. 또한 ADS40는 3개의 흑백 영상과 4개의 다중분광 영상을 동시에 취득할 수 있다.
- ADS40 시스템은 항공 시스템과 지상 시스템으로 나뉘 수 있다. 항공 시스템은 항공기에 탑재된 카메라 이외에 부수적인 시스템을 말하며, 지상시스템은 획득된 영상을 처리하며 카메라의 외부표정요소를 구하고 영상을 일반 사용자가 사용할 수 있도록 만드는 S/W등이 지상시스템에 속한다(<그림 2-2>).



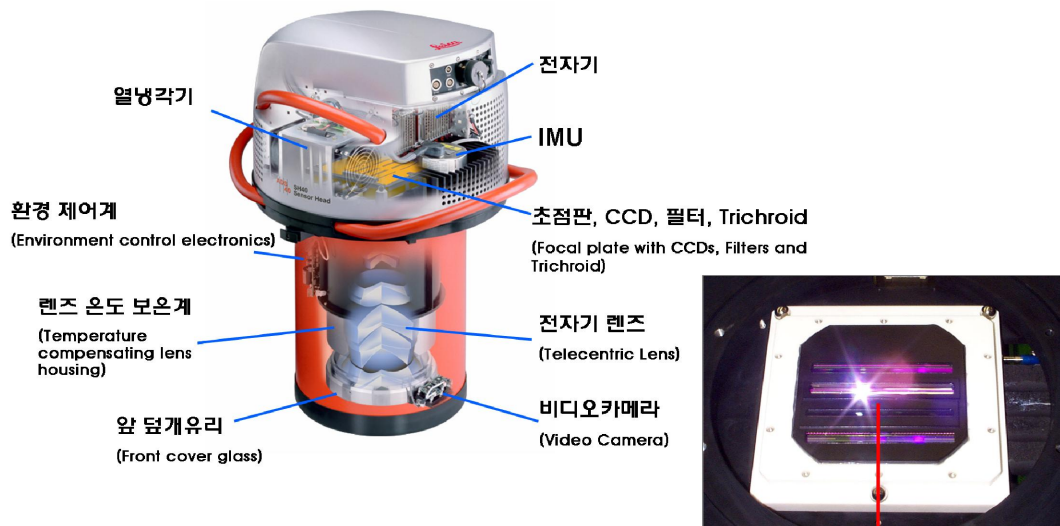
<그림 2-2> ADS40 시스템 및 데이터 작업 흐름도

- 항공기에 탑재되는 시스템의 구성을 상세하게 나타내면 <그림 2-3>과 같다. 항공 시스템의 총괄적인 컨트롤을 담당하는 FCMS(Flight and sensor Control Management System), 영상을 촬영하는 카메라 SH40(Sensor Head), 시스템의 조작 및 영상 획득에 대한 정보를 출력하는 역할을 하는 디스플레이 장치 OI40(Operator interface 40), 그리고 영상의 획득 및 저장을 컨트롤 할 수 있는 대용량 메모리 장치 MM40과 컨트롤 유닛 CU40으로 구분된다.



<그림 2-3> ADS40 항공 시스템 부품 구성

- 실제로 영상을 촬영을 담당하는 SH40은 크게 센서의 중심 부분과 몸체 부분으로 나눌 수 있다. <그림 2-4>에서 보는 바와 같이 SH40의 상부에 위치하여 있는 중심 부분에는 카메라를 조절할 수 있는 전자 장치와 카메라 자세에 대한 정보를 제공하는 IMU 장치, 그리고 카메라의 내부 온도를 조절할 수 있는 열 냉각기 장치 등이 있다. SH40의 하부에 위치하고 있는 몸체 부분은 카메라의 렌즈가 있는 부분으로 렌즈가 외부 환경에 견딜 수 있도록 조절하는 환경조절장치와 외부 공기의 온도를 렌즈가 견딜 수 있게 조절해 주는 렌즈 온도 보온계(Temperature compensating lens housing), 비디오 영상을 동시에 취득할 수 있도록 하는 비디오카메라가 있으며, 기본 재원은 <표 2-3>와 같다.



<그림 2-4> ADS40 SH40 구성

<표 2-3> ADS40 항공 시스템 재원

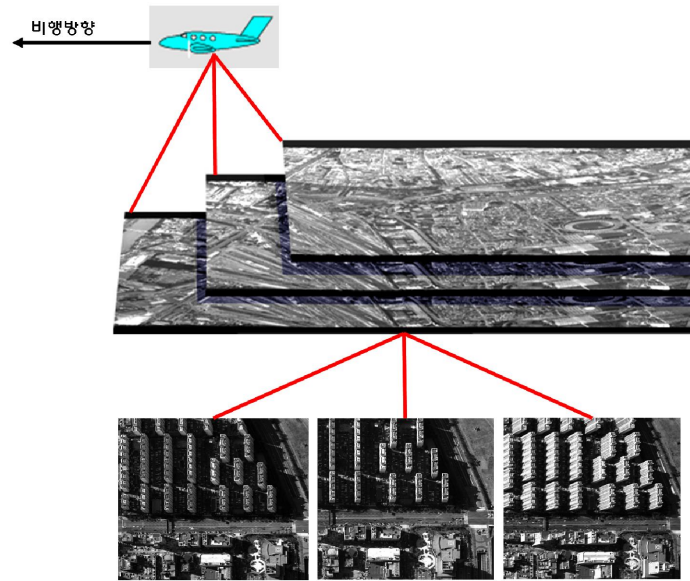
분류	내용		
디지털 신호 재원 (Electronic Characteristics of Data Acquisition Chain)	Dynamic range CCD chain	12-bit	
	Resolution A/D converter	14-bit	
	Data channel	16-bit	
	데이터 취득 형식(Data modes)	Raw data, 압축형식(compressed)	
	데이터 압축 계수 (Data compression factor)	2.5x ~ 25x	
	Data Normalization modes	Linear, non-linear	
	압축데이터의 복사해상도 (Radiometric resolution of compressed data)	8-bit, 신호레벨에 따라 적용	
	단위 라인을 취득하는 시간 (Recording interval per line)	≥ 1.25msec	
분광 범위와 파장대 (Spectral Range and Filters)	분광 범위(Spectral range)	흑백, 컬러(RGB), 근적외선	
	분광 파장대(Spectral bands)	Band	I(nm)
		흑백(trapezoidal)	465 - 680(at λ=50%)
		적색(rectangular)	610 - 660
		녹색(rectangular)	535 - 585
		청색(rectangular)	430 - 490
		근적외선(rectangular)	835 - 885
기계적 인터페이스 (Mechanical Interface)	Sensor Head SH40	Weight - 66kg; diameter - 59cm; height - 76cm; fits PAV30 mount	
	Contral Unit CU40	Weight - 43kg; 19" rack mountable; Width - 45cm; height - 34cm; depth - 52cm	
	Mass-Memory MM40	Weight - 19.5kg, 탈부착가능, 휴대가능	
	Operator Interface OI40	Total weight - 14kg	
	IS40 Interface Stand	IS40 stand fits RC30 NAV-sight installation	
	IMU/GPS (Applanix POS AV-ADC)	IMU LN200 integrated with SH40 GPS and POS integrated in CU40	
	Mount	Fits into Leica PAV30 gyro-stabilized mount	
	Total weight installed	224kg	
운전, 작동 (Operational)	메모리 용량	580GB hard disk for up to 9h recording in ADS40 data format at 2.5 msec interval with 3panchromatic and 4 spectral bands	
	공간해상도, 지상속력	GSD 1/2 ft / 15cm : < 240km GSD 1 ft / 30cm : < 480km GSD 2 ft / 60cm : < 970km	
환경요소 (Environmental)	압력	25,000ft (7,620m)까지는 공기의 저항에 영향을 받지 않은 용기 (Non-pressurized cabin up to 25,000ft)	
	습도	0% ~ 95% rH	
	작동 온도	-20℃ ~ +55℃	
	Storage temperature Sensor Head SH40	-40℃ ~ +70℃	
	Storage temperature Control Unit CU40	-40℃ ~ +85℃	
전기적요소 (Electrical)	평균 전력소비	< 750W / 28 VDC	
	퓨즈	일반적으로 2×20A or 1×33A	
Standards	General standards for temperature, electronics environment, etc.	ISO 7137; RTCA DO-160D	
	Declaration of conformity	CE; FCC Part 15	
	EMC standards	EN 50082-2; EN55022	
	Standard for emergency landings	FAR § 25.561	

- 기본적으로 ADS40 카메라는 기존 아날로그 항공사진기와 디지털 프레임 항공사진기와는 전혀 다른 선형 CCD 배열을 센서로 채택하여 사용한다. 이것은 SPOT-5, IKONOS와 같은 위성영상에서 사용하는 Along track방법을 항공 카메라에 적용한 것이다. 이러한 ADS40은 3-line 선형 CCD 센서를 구성하여 흑백 영상을 수직, 전방, 후방으로 촬영한다. <그림 2-5>는 이러한 ADS40의 영상 촬영 방식을 나타낸다.



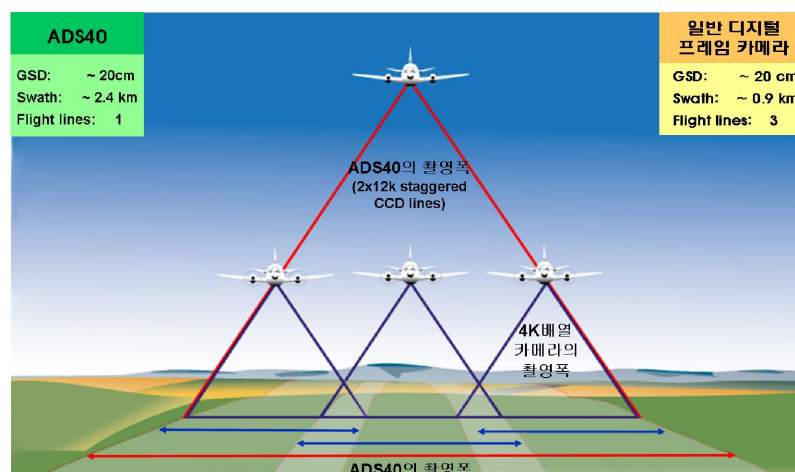
<그림 2-5> ADS40 카메라 촬영 방법

- 후방배경은 비행기의 연직 위치보다 뒤를 보는 방향이고, 수직배경은 비행기의 연직 위치에서 보는 방향이며, 전방배경은 비행기의 연직 위치보다 앞을 보는 방향으로 촬영을 한 것이다.
- <그림 2-6>은 ADS40 카메라를 이용하여 촬영된 수직, 전방, 후방의 흑백 영상을 나타낸다. 상부 그림은 비행기가 진행될 때 같은 시간동안 수직, 전방, 후방의 영상이 촬영되는 모습을 개괄적으로 나타낸 것이고 하부 그림은 촬영된 영상의 한 부분을 각각 보여준다. 왼쪽이 전방 CCD 센서에 의해 촬영된 영상, 중앙이 수직 CCD 센서에 의해 촬영된 영상 그리고 오른쪽이 후방 CCD 센서에 의해 촬영된 영상이다. 그림에서 보듯이 비행촬영 방향에 대하여 전방촬영 영상은 건물 뒷면이 보이고 수직촬영 영상은 건물의 윗부분, 후방촬영 영상은 건물 앞면이 보인다. 이렇게 전방, 후방, 수직으로 영상을 동시에 획득함으로써 프레임 카메라에 비해 3차원 입체모델을 만들 수 있게 한다.



<그림 2-6> ADS40 수직, 전방, 후방 영상 획득

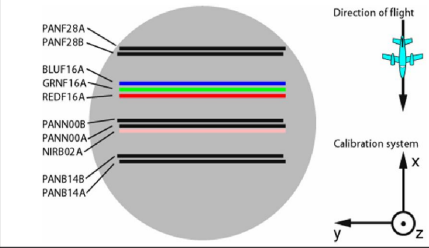
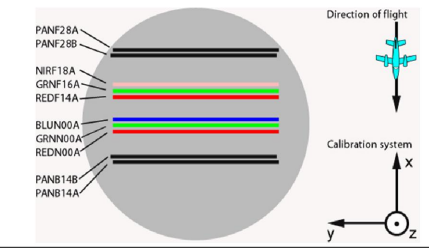
- <그림 2-7>은 ADS40 카메라와 일반 디지털 프레임 카메라의 촬영 폭을 비교한 것이다. 동일한 공간 해상도로 촬영할 경우 ADS40 카메라는 촬영 폭이 일반 프레임 카메라에 비해 대략 3배 정도 넓게 대상지역을 촬영할 수 있으므로 매우 경제적으로 촬영할 수 있다. 이는 한 라인에 해당하는 픽셀의 수가 ADS40 카메라는 12,000개이고 일반 디지털 프레임 카메라는 약 4,000개로 3배가 정도 많기 때문이며, 동일한 지역을 촬영하기 위한 촬영 고도가 일반 디지털 카메라에 비해 2배 정도 높아진다.



<그림 2-7> ADS40 카메라와 일반 프레임 카메라의 촬영 폭 비교

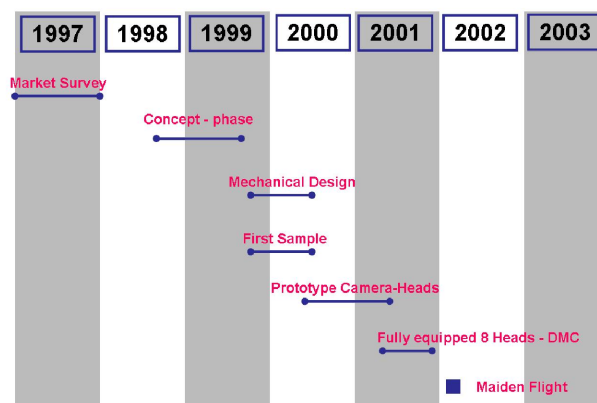
○ 일반적으로 ADS40 카메라는 Standard Focal Plane module(FPM)과 같이 CCD 센서가 배열된다. 이 배열은 수직, 전방, 후방으로 3개의 흑백 영상을 획득하고 4개의 다중분광 영상을 획득하도록 구성되어 있다. 3개의 흑백 영상을 획득하는 센서는 <표 2-4>에서 보는 바와 같이 각각 2줄의 CCD 센서가 $3.25\mu\text{m}$ 중복되어 서로 엇갈리게 배열되어 있으며, 전방영상을 획득하는 센서는 PANF28A와 PANF28B, 수직영상을 획득하는 센서는 PANN00A와 PANN00B, 후방 영상을 획득하는 센서는 PANB14A와 PANB14B로 구성되어 있다. 이와 같은 센서들 중, 이름이 B로 끝나는 센서들은 엇갈리게 배열되어 있는 센서로 on/off 모드가 가능하도록 설계되어 있으며 수직영상을 촬영하는 PANN00A 센서가 정확하게 연직으로 촬영하도록 설계되어 있다. 따라서 PANN00A 센서를 기준으로 전방영상의 스테레오 촬영 각은 28.4° , 후방영상의 스테레오촬영 각은 14.2° 를 나타내게 된다.

<표 2-4> ADS40 선형 CCD 센서 구성

	Standard FPM		RGB-Nadir / RGN16	
CCD 배열				
흑백영상	3개 흑백영상 CCD라인 $2 \times 12,000$ pixel이 $3.25\mu\text{m}$ 겹쳐져 있음 전방, 수직, 후방에서 영상 획득		3개 흑백영상 CCD라인 $2 \times 12,000$ pixel이 $3.25\mu\text{m}$ 겹쳐져 있음 수직영상은 녹색광 영상을 이용하여 획득	
다중영상	4개 다중분광영상 CCD라인 12,000 pixel이 단일 CCD라인으로 배열됨		6개 다중분광영상 CCD라인 12,000 pixel이 단일 CCD라인으로 배열됨 RGB 영상은 수직방향에서 획득 칼라 근적외선 영상을 3개의 CCD라인에서 획득	
CCD크기	$6.5\mu\text{m} \times 6.5\mu\text{m}$		$6.5\mu\text{m} \times 6.5\mu\text{m}$	
FOV	64°		64°	
초점거리	62.77mm		62.77mm	
스테레오 촬영 각	전방 영상	28.4°	전방 영상	28.4°
	후방 영상	14.2°	후방 영상	14.2°
	RGB 영상	16.1°	RGB 영상	0°
	NIR 영상	2°	NIR 영상	약 18°
	전체	42.6°	전체	42.6°

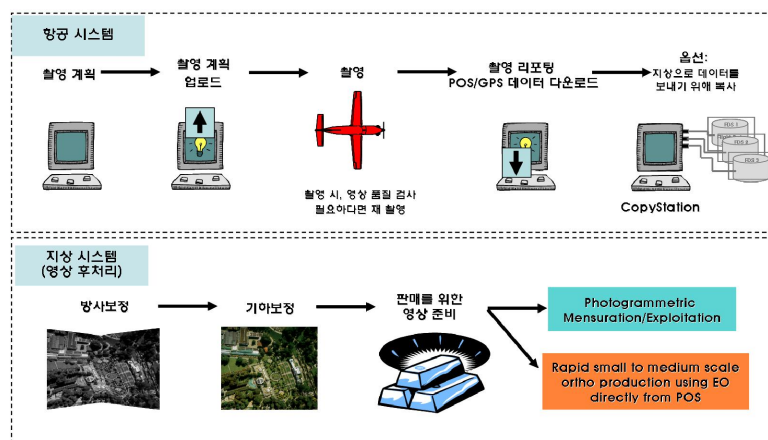
나. DMC(ZI-Imaging) 시스템

- DMC는 Digital Mapping Camera 또는 Digital Modular Camera의 약어로 Z/I(Zeiss/Intergraph)-Imaging사에서 1997년부터 항공 디지털카메라에 대한 연구를 시작하여 1999년 09월에 DMC 2000을 발표하였다. <그림 2-8>은 이러한 DMC에 대한 개발 과정을 나타낸다.



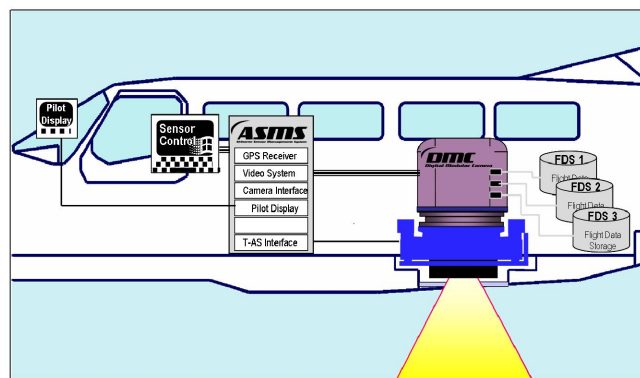
<그림 2-8> DMC 개발 과정

- DMC 시스템은 크게 항공 시스템과 지상 시스템 두 부분으로 나누어져 있으며, 이와 같이 구성 되어 있는 DMC 디지털카메라 시스템에 대한 데이터 작업 흐름도는 <그림 2-9>와 같다.



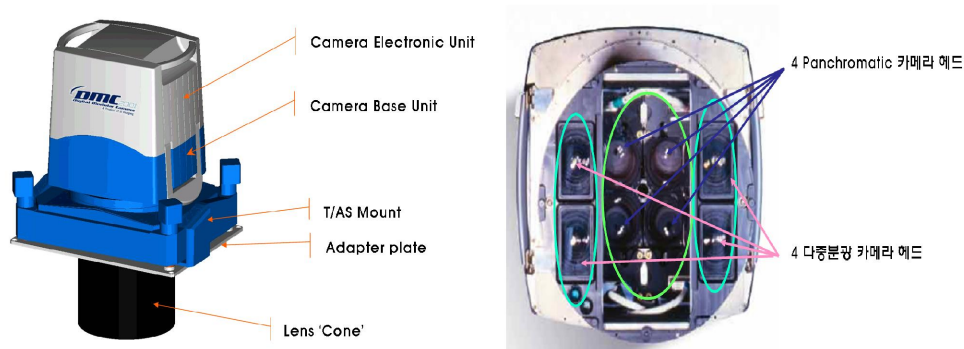
<그림 2-9> DMC 데이터 작업 흐름도

- DMC의 항공 시스템은 크게 Video Cameras, IMU(optional) 및 T-AS로 구성되어져 있는 DMC 카메라 본체와 DMC 항공 시스템의 주요 컨트롤러인 Airborne Sensor Management System(ASMS)로 구성되어 있다. 세부 장치로는 Flight Data Storage(FDS), Mission Data Recorder(MDR), Pilot Display, Position and Orientation Solution(POS) 등이 있다. <그림 2-10> 은 DMC 항공 시스템에 대한 계략적인 모습을 나타낸다.



<그림 2-10> DMC Airborne System

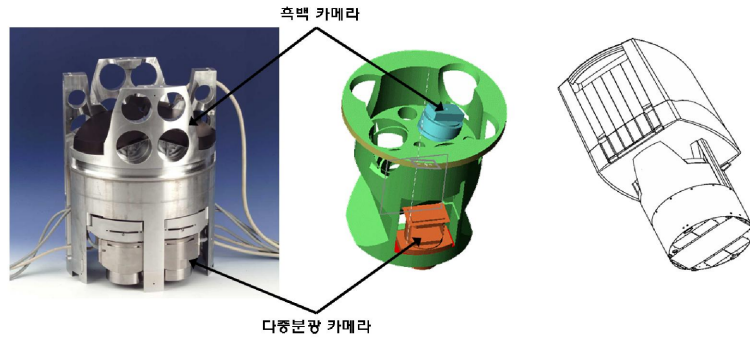
- <그림 2-11>은 DMC 카메라 본체 구성과 아래에서 바라본 모습으로, 그림에서 보는 바와 같이 DMC 카메라 본체의 중앙에 4개의 흑백 카메라가 설치되어 있고 그 흑백 카메라 주위로 4개의 다중분광 카메라가 설치되어 있는 모습을 볼 수 있다.



<그림 2-11> DMC 카메라 본체

- 흑백 프레임 센서는 7,000×4,000 개의 CCD로 이루어져 있으며 , 다중분광 프레임 센서

는 3,000×2,000 개의 CCD로 이루어져 있다. 이와 같은 DMC에 사용되는 각 카메라들은 <그림 2-12>에서 보는바와 같이 DMC 카메라 콘에 장치되어진다.



<그림 2-12> DMC 카메라 콘

- 각 카메라 센서에 대하여 전반적인 주요 제원 및 사양을 <표 2-5>에 나타내었다. CCD 구조로 인하여 영상의 횡 방향은 비행방향과 일치하게 위치하도록 되어 있으며 4 개의 각 측백 카메라 모듈의 경사각은 하위영상 간에 약 1%의 중복도를 유지하도록 구성되어 있다. <표 2-6>에서는 이러한 DMC 센서 중 고해상도 측백 카메라 센서에 대한 주요 제원 및 사양들을 나타내었으며, <표 2-7>은 다중분광 카메라 센서의 주요 제원 및 사양을 나타낸다.

<표 2-5> DMC 카메라 주요 제원 및 사양

항 목	내 용
구 성	14k × 8k의 고해상도(Virtual Image) 4 Panchromatic & 4 Multi-Spectral
CCD 크기	12 μ m (All camera)
촬영 각(Field Of View)	69.3° cross track, 42° along track
Panchromatic 해상도	7,680 × 13,824 pixel
Pan-Sharpen 영상 해상도 (Multi-Spectral)	7,680 × 13,824 pixel (Fusion image)
Raw MS 카메라 해상도	3072 × 2048 pixels
Multi-Spectral 밴드	4 밴드 (R, G, B, Nir)
렌즈 시스템	f = 1:4.0/120mm (Pan)
	f = 1:4.0/25mm (MS)
Shutter Speed and f-stop	Continuously variable 1.50 - 1/300 sec, f/4 - f/22
탑재장치의 저장용량 (Mission Data Records)	840GB (2,000 이미지 이상 촬영 가능)
최대 프레임 비율	2 sec / image
Radiometric 해상도	12bit (all cameras)
카메라 무게	80kg 이하
전체 무게	115kg

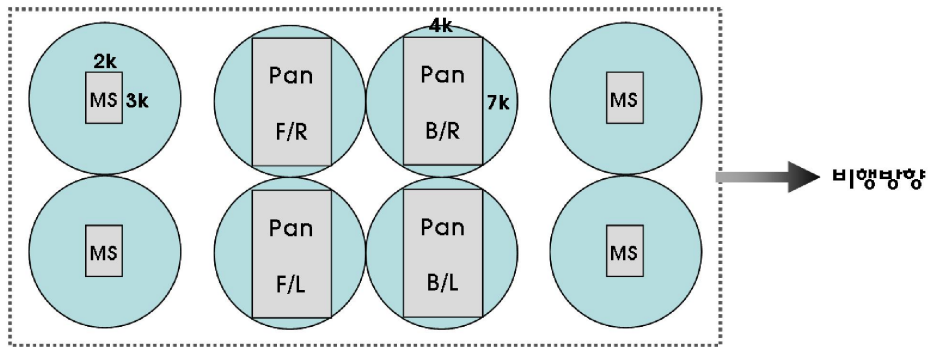
<표 2-6> 흑백 카메라 센서의 주요 제원 및 사양

항 목		내 용
x와 y 라인 사이의 거리(행/열)		80mm/170mm
회전각 θ/ω (행/열)		10°/20°
Module/Sub-image	검정된 초점 거리	120mm
	CCD 크기	12 μ m
	방사 해상도	12bit
	영상 크기	4,096 pixels × 7,168 pixels
	영상 크기	49.15mm × 86.02mm
	시야각 (행/열)	약 23°/39°
Virtual image	유효 초점 거리	120mm
	CCD 크기	12 μ m
	영상 크기	7,680 pixels × 13,824 pixels
	영상 크기	약 95 mm × 168 mm
	시야각 (행/열)	약 44°/74°

<표 2-7> 다중분광 카메라 센서의 주요 제원 및 사양

항 목	내 용
영상 크기	3072 × 2048 pixels
CCD 크기	12 μ m
초점 거리	f=25mm / 1:4.0
카메라의 수	4 : Red, Green, Blue, NIR
각 카메라의 분광 영역	Blue : 400 nm - 580 nm
	Green : 500 nm - 650 nm
	Red : 590 nm - 675 nm (low-pass filter cuts off at 675 nm)
	NIR : 674 nm - 850 nm

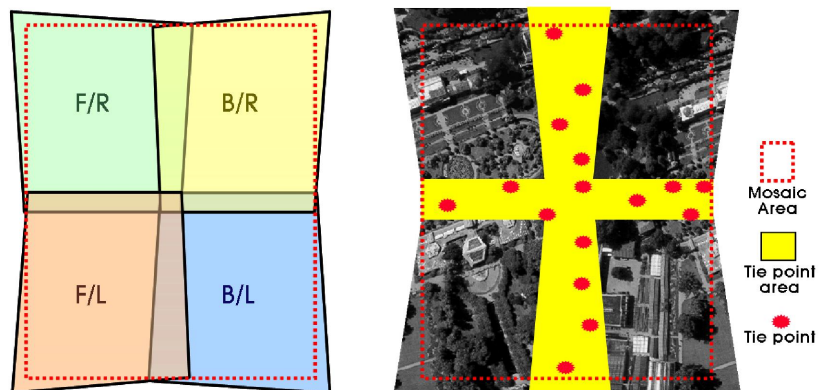
- DMC의 카메라에 사용된 센서는 CCD 센서를 이용하여 제작된 프레임 방식의 센서를 지니고 있으며 매우 높은 내부 안정성을 제공한다. 또한 하나 이상의 여러 카메라가 서로 묶여 있는 형태 즉, Modular 형태로 구성되어 있어 넓은 시야각을 제공하게 된다. DMC의 카메라는 <그림 2-13>에서 보는 바와 같이 7k×4k의 해상도를 지닌 4개의 흑백카메라 모듈과 3k×4k의 해상도를 지닌 4개의 다중분광 카메라 모듈을 가지고 있다. 이 중 4개의 흑백 카메라 모듈은 각각 왼쪽 후방, 오른쪽 후방, 왼쪽 전방, 오른쪽 전방을 향하도록 구성되어 있으며, 이것은 축이 미세하게 분산되도록 구성되어 있기 때문에 넓은 지역의 영상을 획득할 수 있도록 한다. 이러한 흑백 카메라 센서 영상은 네 개의 개별적 영상을 하나의 중심투영 가상영상(virtual image)으로 변환하는 모자이크 처리를 통하여 넓은 지역의 영상을 획득하는데 사용되어진다.



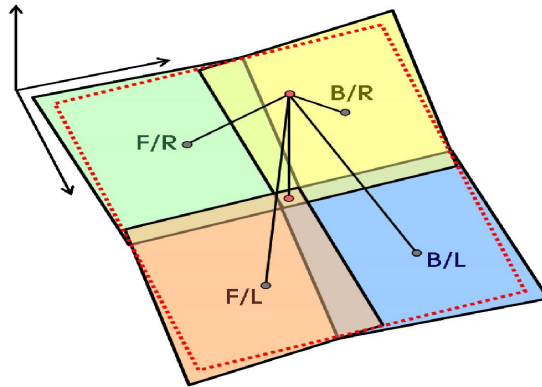
<그림 2-13> DMC 카메라 배열

○ 다중분광 센서는 4개의 흑백 카메라를 둘러싸는 형태로 배치되어 있으며, 적색, 녹색, 청색광 및 근적외선 영역의 영상을 연직방향으로 획득할 수 있도록 배치되어 있다. 이들 다중 분광 영상은 후처리 과정이 필요 없이 넓은 지역의 영상을 얻을 수 있으나 공간해상도가 흑백 영상에 비해 떨어지므로 Pan-Sharpening과 같은 후처리 과정을 통하여 흑백 영상과 공간해상도가 동일한 영상을 획득한다.

○ <그림 2-14>는 4개의 흑백 프레임 카메라에 의해 획득된 sub-image의 영역과 Tie point 영역을 나타낸다. 서로 다른 촬영 각을 가지고 있는 4개의 흑백 프레임 영상을 이용하여 제작된 virtual image는 기존의 사진측량시스템과 소프트웨어 처리를 가능하게 하기 위하여 <그림 2-15>에서 나타내듯이 하나의 투영중심을 가지고 있는 가상영상으로 제작되어진다.

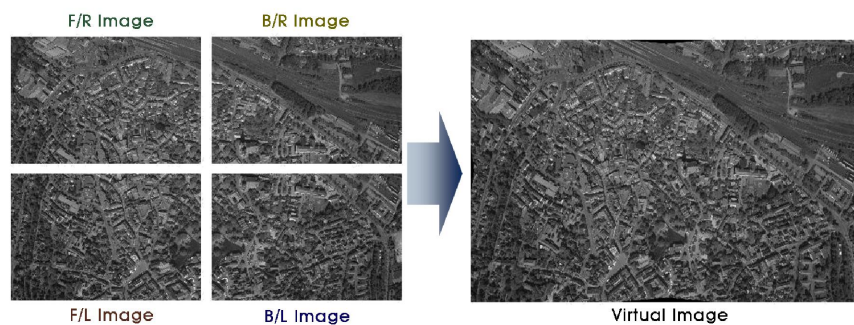


<그림 2-14> 각 sub-image의 촬영 영역 및 Tie point 영역



<그림 2-15> Virtual Image의 투영 중심

- Virtual image는 4개의 sub-image를 모자이크해서 제작되며, <그림 2-16>은 4개의 sub-image와 이를 이용하여 제작된 virtual image의 예를 보여준다.

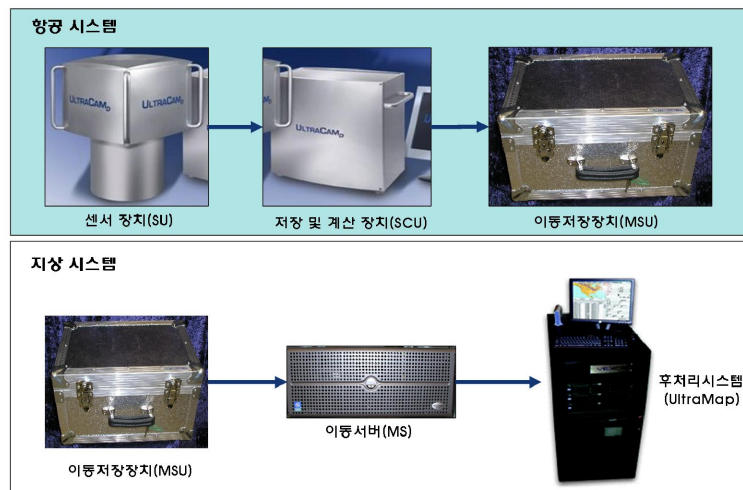


<그림 2-16> 4개의 Sub-Image와 제작된 Virtual Image

- 또한 DMC 카메라에 사용된 CCD 센서는 100%의 광학 fill factor와 높은 민감도를 가지고 있는 full-frame 센서이며 필립스에서 제작되었다. CCD 소자의 크기는 $12\mu m \times 12\mu m$ 이 12bit 이상의 높은 선형 dynamic range를 제공한다. 또한 높은 readout 비율을 가지고 있으며 좋은 신호대 잡음비(signal to noise)를 가지고 있다. 카메라에 사용된 full-frame 센서는 2 초당 하나의 영상을 획득할 수 있다. $12\mu m \times 12\mu m$ 화소 크기는 $144\mu m^2$ 면적에 해당하는지역의 방사 에너지를 획득할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 $12\mu m$ CCD의 경우 $9\mu m$ CCD와 비교하여 빛에 대한 민감도(light sensitivity)가 약 77% 정도 향상되며, 이는 영상 획득 시, 영상의 품질이 높아지며 음영지역의 판별능력을 향상시킨다.

다. UltraCam(Vexel)시스템

- 오스트리아 Vexel사에서 2003년 05월에 출시한 UltraCam_D는 Z/I Imaging사의 DMC와 같은 대축척 프레임 카메라이지만 영상을 획득하는 과정이 DMC와 상이한 카메라로서 12bit의 방사해상도를 가지고 있다. 또한 2006년도 ASPRS에서 기존 UltraCam_D의 성능을 향상시킨 UltraCam_X를 출시하여 항공 디지털카메라 분야에 새로운 변화를 가져왔다.
- 다른 항공 디지털카메라와 유사하게 Vexel사의 UltraCam 시스템도 크게 항공 시스템과 지상시스템으로 구성된다. <그림 2-17>과 같이 항공 시스템은 센서 장치, 저장 및 계산 장치, 이동저장장치로 구성되며, 지상 시스템은 이동 서버, 과워셔플라이 장치 및 후처리 소프트웨어로 구성된다.



<그림 2-17> UltraCam 시스템 구성요소

- UltraCam 센서장치는 8개의 광학 카메라 렌즈 콘(lens cone)이 평행하게 배치되어 있다. 8개의 광학 카메라 콘 중에서 가운데 일렬로 배치되어 있는 4개의 카메라 콘은 흑백영상을 획득하는 데 사용되며, 좌우로 두 개씩 배치되어 있는 4개의 카메라 콘은 RGB 영상과 근적외선영상을 획득하는 데 이용된다. UltraCam은 총 13개의 프레임 CCD 센서를 사용하며, 그 중 9개의 프레임 센서는 4개의 카메라 콘을 통해 흑백영상을 획득하는 데 사용되며, 나머지 4개의프레임 센서는 각각 칼라 및 적외선 영역을 촬영하게 된다.

- Large format 항공영상을 획득하기 위해 13개의 CCD 센서들은 각각 촬영을 실시하며, 각각의 CCD 센서에서 감지된 신호는 14 bit high-end 아날로그/디지털 변환기(ADC)를 통해 IEEE1394 형식으로 저장 및 계산 장치로 전송된다. 계산 장치에서는 13개 CCD 센서들에 대한 개개의 상을 만들고 영상을 연결하게 된다. 이때 “Master Cone”은 흑백영상의 좌표체계 및 기하학적 관계를 제공하는 역할을 한다. 다음 <표 2-8>은 센서장치의 제원 및 성능을 나타내며, <그림 2-18>은 센서장치의 모습을 나타낸다.

<표 2-8> Sensor Unit (SU) 제원

항 목	내 용	
흑백	영상 크기	11,500 × 7,500 픽셀
	픽셀 크기	9 μm
	렌즈 초점 거리	100 mm
	초점면	103.5 × 67.5 mm
	구경비	f = 1/5.6
칼라 (4 channels - RGB & NIR)	영상 크기	4,008 × 2,672 픽셀
	픽셀 크기	9 μm
	렌즈 초점 거리	28 mm
	구경비	f = 1/4.0
수직(수평)각	55° (37°)	
셔터 속도	1/1000 ~ 1/30	
전진 작동 보전(FMC)	TDI에 의해 조절됨(~ 50 픽셀)	
최소 픽셀 크기(300m이하 항공 촬영 시)	50 픽셀	
촬영 간격	0.75 초	
방사 해상도	12 bit 이상	



<그림 2-18> UltraCam 센서장치

- UltraCam에서 획득한 자료는 추후 작업공정을 위해 비행기에서 작업장으로 이동저장 장치를 통해 전달이 이루어진다. 따라서 촬영 중에 필요로 하는 이동저장장치의 개수는 촬영된 영상매수에 따라서 결정되어 진다. 그러므로 만약 하루에 2,700장 보다 많은 영상이 촬영된다면 두 개의 이동 저장장치가 촬영 중에 필요로 하게 된다. 비행기가 착륙한 후 UltraCam으로부터 저장 및 계산 장치에 저장된 자료를 이동저장장치로 다운로드하고 이동저장장치를 분리한 후, 후처리 과정에서 자료를 처리하게 된다.

- UltraCam 카메라 구성은 고해상도의 흑백영상을 촬영할 수 있는 카메라와 이 흑백영상과 동시에 촬영 가능한 다중분광영상 카메라로 구성되어 있다. 다중분광영상 카메라는 가시광선 영역에 있는 RGB와 근적외선(NIR) 영역의 정보를 획득할 수 있도록 되어 있다. 이러한 카메라 시스템은 일반 항공 필름 카메라와 같은 영역의 범위를 촬영하도록 설계되었다. 하지만 획득된영상의 공간해상도는 아날로그 카메라에 의해 획득된 필름을 $20\mu m$ 픽셀 크기로 스캐닝하여획득된 영상의 공간해상도보다 동일하거나 더 높다. 영상의 촬영각 범위는 across track 방향으로 55° , along track 방향으로 37° 이며 이것은 기하학적으로 across track 방향으로 23cm의 포맷을 가지며 21cm의 초점거리를 가진 일반 필름 카메라와 동일하다. 만약 비행고도가 6,000피트이면 영상의 지상영역은 $1,867m \times 1,217m$ 를 나타내게 된다.

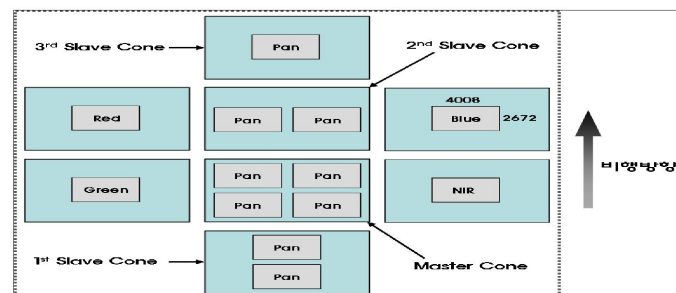
- UltraCam 카메라는 초당 1 프레임 이상으로 영상을 획득할 수 있으므로 60% 이상의 중중복도를 얻을 수 있다. 만약 70m/s의 비행 속도에 60%의 중중복도와 3cm의 공간 해상도를 가지는 입체영상을 획득하기 원한다면 1.3초 마다 프레임 영상이 획득되어야 하지만 UltraCam을 사용하면 70%의 중중중복도로도 3cm의 공간해상도를 갖는 영상의 획득이 가능하다. 따라서 UltraCam은 짧은 시간 간격으로 촬영이 가능하기 때문에 추가적인 비용 없이 기존에 60/20% 였던 횡·중중중복도를 80/60%로 늘림으로써 영상의 정확도도 높이고 영상 처리의 자동화도 가능하게 한다. 중중중복도가 늘어남에 따라 불일치하는 공액점을 줄임으로써 항공삼각측량 (aerotriangulation)과 DEM 제작이 용이해졌으며 높아진 중중중복도를 통해 영상에 나타나는 폐색 지역을 줄임으로써 영상의 정확도를 높일 수 있다.

- UltraCam은 <그림 2-19>에서 보는 바와 같이 흑백영상과 다중분광 영상을 획득하기 위해서 독립적인 카메라로 구성되어 있는 총 8개의 콘으로 구성되어 있다.운데 일렬로 배치된 4개의 콘은 11,500×7,500 픽셀 크기의 대형 흑백영상을 제작하는데 사용되어지며, 나머지 상하에 위치한 4개의 콘은 각각 청색광 영상, 녹색광 영상, 적색광 영상, 그리고 근적외선(NIR) 영상을 획득하기 위하여 4,008×2,672 픽셀 크기의 프레임 CCD 센서로 구성되어 있다. 흑백 카메라 콘에 사용된 CCD 프레임 센서의 크기도 4,008×2,672로 동일하다.



<그림 2-19> UltraCam 카메라 구조

- <그림 2-20>은 각 콘에 사용되는 CCD 프레임 센서의 배치를 보여준다. 카메라 가운데 일렬로 배치된 4개의 콘에서 획득된 각각의 영상은 모자이크되어져 하나의 흑백 영상을 제작하는데 사용되어지며, 총 9개의 프레임 CCD 센서로 구성되어 있다. 다중분광 영상을 획득하는 4개의 콘은 각각 하나의 프레임 CCD 센서로 구성되어 있으며 칼라영상을 제작하는데 사용되어진다. 또한 각 카메라는 1초 마다 1프레임 이상의 비율로 프레임 영상을 제공한다.



<그림 2-20> UltraCam 카메라의 콘과 CCD 배치 모습

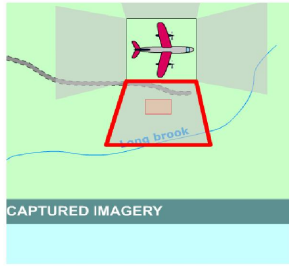
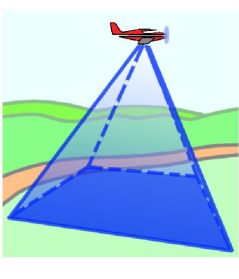
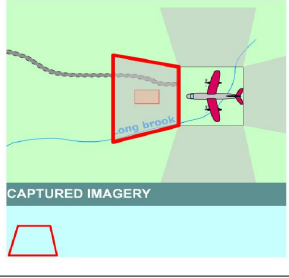
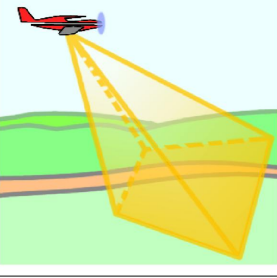
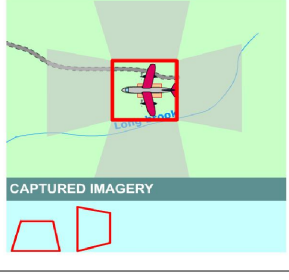
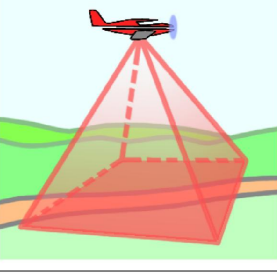
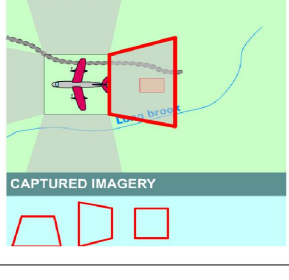
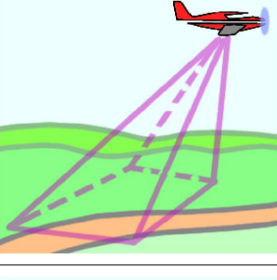
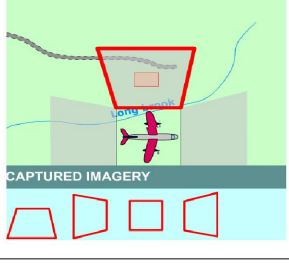
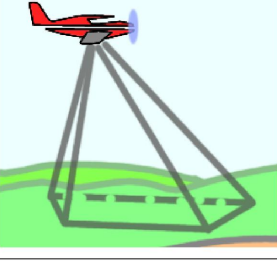
라. Pictometry시스템

- Pictometry는 5방향 카메라 시스템으로, 디지털 카메라를 이용하여 촬영한 수직항공영상, 경사 항공영상 그리고 전용 소프트웨어 등의 기술을 통칭하는 시스템이다. 1996년 설립된 Pictometry International 사는 뉴욕 Rochester에 본부를 두고 있으며, 미국 외에도 유럽, 캐나다, 호주, 남아프리카, 중동, 이스라엘, 한국과 일본 등 전 세계와 라이선스 계약을 맺고 Pictometry 시스템과 영상을 공급하고 있다.
- Pictometry는 기존의 수직영상에 의존하는 항공사진촬영 기술과 비교할 때, 경사영상을 촬영 한다는 것이 큰 특징을 가진다. 경사영상을 이용한 텍스처링(Texturing)은 건물 등의 구조물을 사람이 보다 인식하기 쉬운 사실적인 3D 모델을 생성하게 해준다. 이를 위해 중앙에 수직영상을 촬영하는 카메라 1대와 동서남북 방향으로 약 45도 정도의 경사영상을 촬영하는 카메라 4대로 총 5개의 카메라로 구성되어 있다. 현재 이 Pictometry 시스템은 캐나다의 MDA, 유럽의 Aerofilms, 호주의 AAMHatch, 남아공의 AOC, 일본의 Kokusai 그리고 국내에는 중앙항업 등 전 세계와 라이선스 계약을 맺고 이용되고 있다.
- Pictometry 시스템을 이용하여 촬영한 영상은 <그림 2-21>과 같이 중앙 카메라로 수직항공사진, 동서남북 방향으로 경사항공영상을 취득한다. 그리고 Pictometry 5방향 영상의 촬영순서 및 촬영원리를 간략히 소개하면 <표 2-9>와 같다.



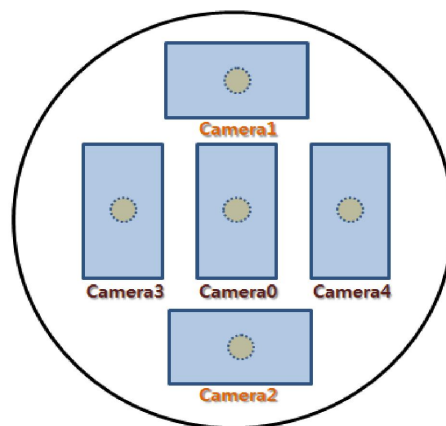
<그림 2-21> Pictometry 다방향 항공영상 시스템 촬영 영상

<표 2-9> Pictometry 5방향 영상 촬영원리

순서	촬영방향	촬영모습	촬영원리
1			먼저 건물이 있는 영역을 도달하기 전의 비행에서 한쪽 방향을 촬영한다.
2			건물이 있는 영역의 위를 통과하기 전에 건물의 앞쪽을 촬영한다.
3			건물이 있는 영역의 위를 통과하면서 건물의 위쪽에 해당하는 수직영상을 촬영한다.
4			건물이 있는 영역의 위를 통과한 후 건물의 뒤쪽을 촬영한다.
5			건물이 있는 영역을 지난 후 다음 스트림에서 나머지 한쪽 방향의 항공영상을 촬영한다.

- Pictometry 시스템을 이용하여 촬영된 항공영상은 다음과 같은 장점들이 있다.
 - 이전의 수직영상에서는 볼 수 없었던 건물의 옆면 등 사각지대 들을 볼 수 있게 해준다.
 - 빌딩 위의 작은 구조물 등 이전에는 식별이 어려운 미세한 부분들의 식별을 가능하게 한다.
 - 기존의 대부분 GIS 프로그램에서 제공하기 힘든 객체의 3D 형태를 보는데 용이하다.
 - 특히 지상을 약 45도 각도로 촬영하는 경사영상은 공공안전, 도시계획, 3차원 도시모델링 등 에의활용에 큰 장점을 제공한다.

- Pictometry 카메라는 5방향 카메라로서, 수직방향을 촬영하기 위한 카메라를 기준으로 각 각 45도 경사로 4방향(동, 서, 남, 북)을 촬영할 수 있도록 배치된다. 특히, 남(Camera2) 북(Camera1) 방향을 촬영하기 위한 카메라는 <그림 2-22>와 같이 180도 회전된 상태로 설치된다.



<그림 2-22> Pictometry 카메라
배치

- 기존 디지털 프레임 카메라는 촬영당시의 기하를 재현하기 위해 사진당 6개의 외부표정요소 ($X_0, Y_0, Z_0, \omega, \psi, \kappa$)를 기준으로 대상공간의 정보를 취득하였으나, 다방향 카메라인 Pictometry는 수직, 동, 서, 남, 북방향의 각 사진 당 6개의 외부표정요소, 즉 30개의 외부표정 요소를 이용하여 대상공간의 정보를 취득한다.

3. 국내 디지털 항공영상 구축현황

- 공간정보를 획득하는 다중센서(Multi-Sensor)기술의 발전과 GIS 및 IT기술이 융합되면서 언제 어디서나 필요한 정보를 주고받는 유비쿼터스(Ubiquitous)컴퓨팅환경이 도래하였다. 따라서 개별 지리정보시스템이 논리적 또는 물리적으로 연계·통합되어 활용가치를 높이고 새로운 활용가치를 창출함으로써 이에 기반이 되는 3차원 위치정보와 시각정보(항공 또는 위성영상)의 활용 가치가 증가하게 되었다.
- 이에 따라 국토해양부(국토지리정보원)에서는 2005년부터 우리나라 주요도시에 대한 3차원 위치정보와 시각정보(영상정보)를 동시에 획득하는 다중데이터(Multi Data)개념의 ‘다차원 지리정보구축기본계획’을 수립하게 되었고, 이를 바탕으로 수치표고모델 및 정사영상지도 구축 사업을 계획함으로써 격자크기 1m의 수치표고모델과 지상표본거리(GSD)10cm급의 디지털 항공정사영상지도를 구축하기 시작하였다.
- 또한 1995년부터 시작된 NGIS사업은 시(市)단위 지자체 위주의 지리정보 인프라 구축에 주력해 왔기 때문에 상대적으로 군(郡)단위의 지자체는 GIS 인프라 구축에 있어 소외되어 왔다. 이에 국토해양부(국토지리정보원)에서는 2008년 장성군을 시작으로 군(郡)단위 지자체에 대하여 1:1,000수치지형도, 디지털항공정사영상지도, 수치표고모델 등을 구축하는 다목적디지털 지리정보구축 사업을 수행하고 있으며, 지금까지 수치표고모델 및 정사영상지도 구축사업과 다목적디지털지리정보구축 사업을 통해 총 48개의 시·군에 대해 지상표본거리(GSD)10cm급의 디지털항공정사영상지도를 구축해오고 있다.
- 민간 부문에서는 2000년대 초 Daum, Naver, Google등의 포털들을 중심으로 저해상의 위성영상을 이용하여 웹(web)기반 지도 서비스를 개시하였고, 위성영상의 공간해상도의 한계를 보완하기 위해 항공영상을 활용하기 시작하였으며 현재는 대부분의 민간 포털에서는 공간해상도 50cm급의 항공영상을 기반으로 한 지도서비스를 주요 전략 콘텐츠로 활용하고 있다.

가. 기 구축 디지털항공정사영상

1) 수치표고모델 및 정사영상지도 구축 사업

- 정부부처에서 수행하는 디지털항공정사영상정보 구축사업 중 가장 대표적인 사업이 국토해양부(국토지리정보원)에서 수행하는 ‘수치표고모델 및 정사영상지도구축사업’이다. 이 ‘수치표고모델 및 정사영상지도구축사업’은 2005년 수치표고모델과 정사영상을 융합한 ‘다차원공간정보구축기본계획’에 근간을 둔다.
- ‘다차원공간정보구축기본계획’은 항공디지털카메라와 GPS/INS 및 항공라이다 등의 등장으로 측량장비의 획기적인 발전에 기인한 기술적 환경의 변화와, 지리정보를 이용하는 사용자층의 이용경향이 벡터중심에서 위치정보와 영상(시각화)정보를 동시에 갖춘 다중자료(Multi Data)개념의 공간정보로 이동하는 요구변화에 따라 추진되게 되었다.
- 이는 기존의 단일 지리정보만을 생산하던 방법을 항공디지털카메라, 항공라이다, GPS/INS등 센서간의 융합기술을 기반으로 3차원 위치정보와 영상정보를 동시에 취득함으로써 지능형 사이버국토 건설에 필수적 핵심정보인 현실세계에 대한 위치정보와 시각정보를 융합한 고 정밀 자료를 구축하는 사업이다(<그림 2-23>).



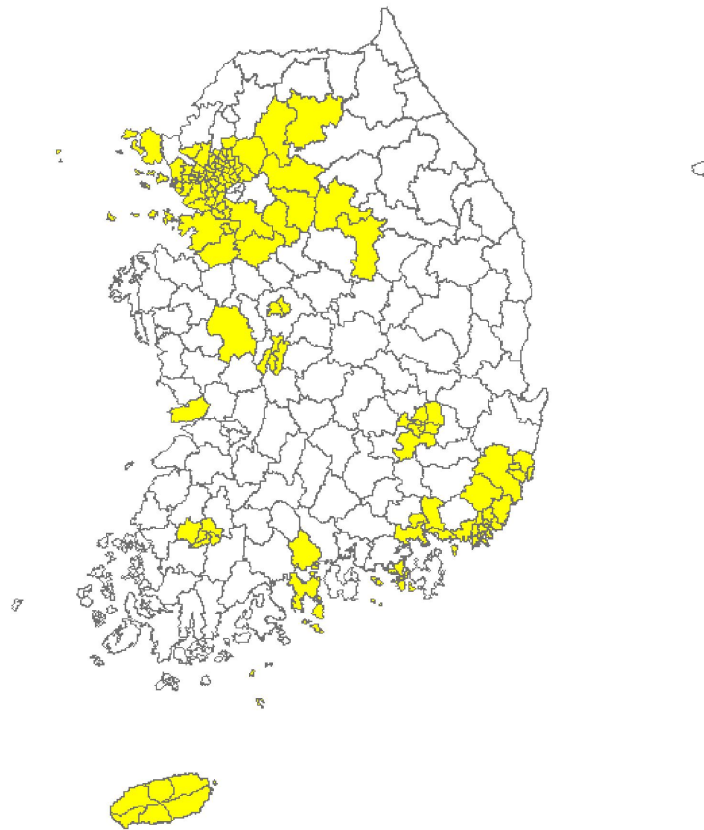
<그림 2-23> 수치표고모델 및 정사영상지도 구축 사업 기본 개념

- ‘수치표고모델및정사영상지도구축사업’은 2005년 대전광역시를 시작으로 <표 2-10>에

서 보는 바와 같이 2006년 7개, 2007년 8개, 2008년 14개, 2009년 14개의 시·군에 대해
총 면적 20,093km²에 대한 항공영상지도를 구축하였다(<그림 2-24>).

<표 2-10> 다차원사업에 의한 정사영상지도 구축 현황 (2009년 현재)

순번	사업지역	제작년도	제작면적(km ²)
1	대전시	2005	540
2	제주특별자치도	2006	1,700
3	울산광역시	2006	1,194
4	원주시	2006	867
5	의왕시	2006	54
6	통영시	2006	238
7	진해시	2006	113
8	양산시	2006	484
9	인천광역시	2007	464
10	청주시	2007	153
11	수원시	2007	121
12	군산시	2007	305
13	부산광역시	2007	765
14	광주광역시	2007	501
15	대구광역시	2007	884
16	오산시	2007	42
17	구리시	2008	32
18	의정부시	2008	81
19	마산시	2008	329
20	창원시	2008	294
21	공주시	2008	940
22	광양시	2008	497
23	부천시	2008	53
24	시흥시	2008	134
25	안산시	2008	141
26	광명시	2008	39
27	안양시	2008	59
28	군포시	2008	36
29	과천시	2008	36
30	하남시	2008	93
31	가평군	2009	843
32	양평군	2009	878
33	화성시	2009	688
34	평택시	2009	453
35	안성시	2009	553
36	이천시	2009	461
37	고양시	2009	267
38	남양주시	2009	458
39	춘천시	2009	1,116
40	여주시	2009	501
41	서울특별시	2009	605
42	용인시	2009	591
43	여주군	2009	608
44	제천시	2009	882
계	44개 시·군		20,093

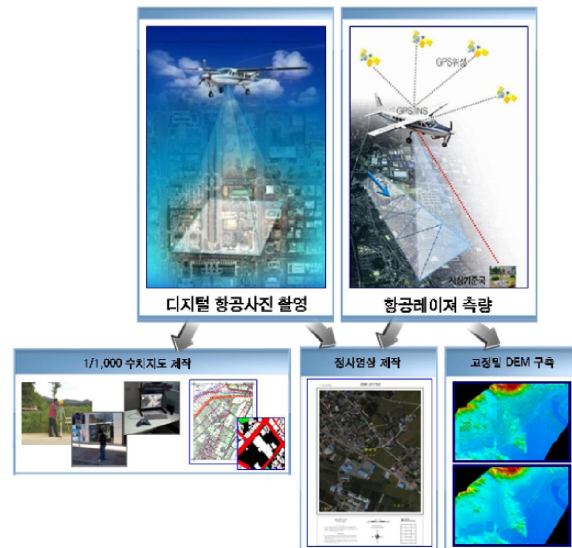


<그림 2-24> 다차원사업에 의한 정사영상지도 구축 현황

2) 다목적 디지털 지리정보 구축 사업

- 국가기관에 의해 항공영상지도가 구축되는 다른 사업은 ‘다목적디지털지리정보구축사업’이다. ‘다목적디지털지리정보구축사업’의 추진배경은 서울 아현동(1994) 및 대구지하철(1995) 가스폭발 사고 등을 계기로 1995년 국가지리정보체계(NGIS)사업이 착수 되었으나 시(市)단위 지자체 중심의 지리정보 인프라구축이 진행되었기 때문에 상대적으로 군(郡)단위 지자체에 대한 지리정보의 정보화가 소외되어 지리정보의 시·군 간의 격차가 심화 되었다. 이에 국토지리정보원(국토해양부)에서는 군(郡)단위 지역의 지리정보를 구축하여 국토의 균형발전 인프라를 이루고 정보화 격차 해소에 기여하고자 2008년부터 ‘다목적디지털지리정보구축사업’을 추진하게 되었다.
- ‘다목적디지털지리정보구축사업’의 성과물은 크게 3가지로 1:1,000 수치지형도, 정사영상지도 및 수치표고모델이 구축된다. 항공디지털카메라를 이용하여 지상표본거리(GSD)

12cm급으로 항공사진촬영을 실시하며, 도심지 부근에는 1:1,000수치지형도를 제작하고 그 외 지역은 1:5,000 정사영상지도를 제작한다. 또한 항공라이다를 이용하여 수치표고 모델을 격자간격 1m급으로 제작하여 정밀한 지형정보에 대한 자료를 구축하게 된다 (<그림 2-25>).

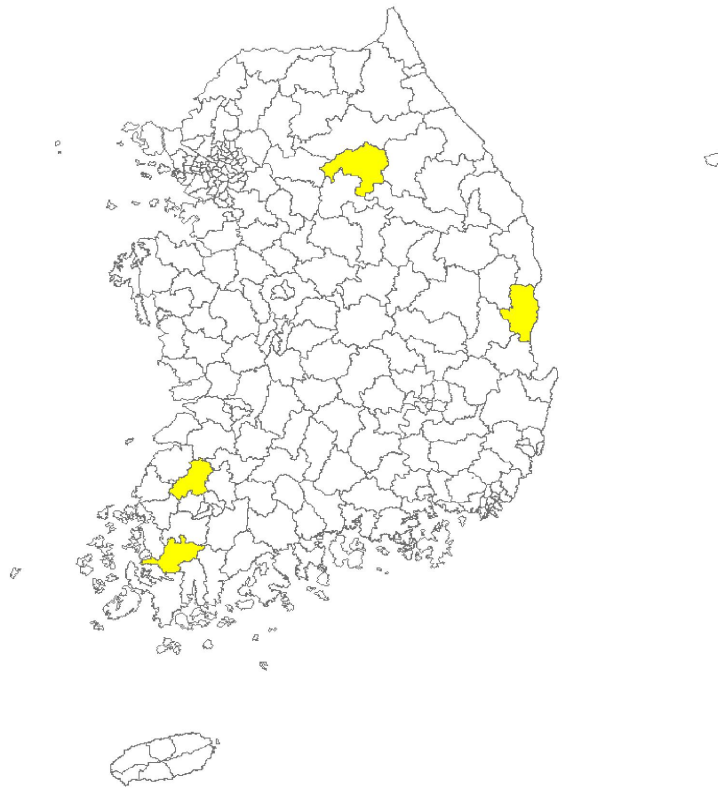


<그림 2-25> 다목적디지털지리정보구축 개념

- ‘다목적디지털지리정보구축사업’에 의해 구축된 항공정사영상은 <표 2-11>에서 보는 바와 같이 2008년 장성군을 시작으로 2009년 장성군, 횡성군, 영암군, 영덕군에 대해 총 2,856km²에 대해 구축되었다(<그림 2-26>).

<표 2-11> ‘다목적디지털지리정보구축사업’에 의한 항공영상 구축 현황

순번	사업지역	제작년도	제작면적(km ²)
1	장성군	2008	517
2	횡성군	2009	901
3	영암군	2009	601
4	영덕군	2009	741
계	44개 시·군		2,856



<그림 2-26> 다목적디지털지리정보구축에 의한

항공영상 구축현황

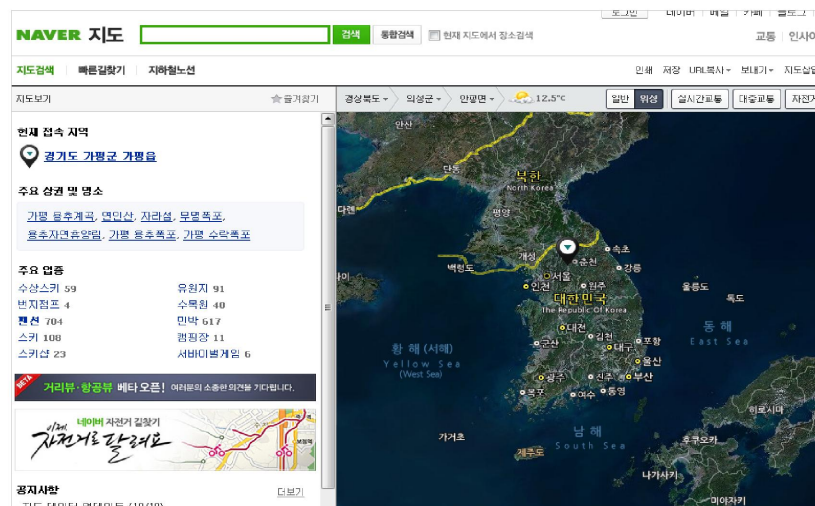
3) 민간부문 항공영상 구축

- 민간부문의 경우 검색포털에서 위치기반서비스(LBS)를 목적으로 한 콘텐츠를 개발하면서 항공영상정보를 구축하기 시작하였으며, Google, Daum, Naver등이 대표적인 포털이다.
- Google에서는 2000년대 초 Google Earth를 통해 지역에 따라 다르지만 Earthsat社의 위성영상을 이용하여 전 세계의 영상정보기반의 위치서비스를 제공하고 있다. 또한 구글은 2005년 항공사진 촬영 기업인 이미지아메리카(ImageAmerica)의 고해상 카메라를 이용한 항공사진을 공급받아 뉴올리언즈 부근에서 발생한 허리케인 카트리나의 피해 해당지역을 고해상도 항공사진으로 볼 수 있도록 한 서비스를 시작으로, 2007년 07월에는 이미지아메리카를 인수하여 미국 내의 고해상도 영상서비스를 실시하고 있다. 또한

그 밖에 우리나라를 포함한 세계 주요 도시는 평균 지상표본거리(GSD) 15m급의 위성영상을 이용한 영상정보를 서비스 하고 있으며, 특별한 시설이나 대도시에 대해서는 1m급의 고해상 위성영상이 제공되고 있다.

○ 다음(Daum)의 경우 2009년부터 항공디지털카메라인 UltraCam을 이용하여 전국을 지상표본거리 25cm로 촬영 하여 위치기반 서비스를 제공 하고 있다.

○ 네이버(Naver)의 경우 2010년부터 항공디지털카메라인 ADS40를 이용하여 전국을 지상표본거리 25cm로 촬영하여 제공하고 있다. 특히 네이버(Naver)의 경우 2010년 8월 통계청과 공간위치정보의 공동 활용을 위한 업무협정을 체결하였는데, 내용은 인구주택총조사용 지도시스템에 네이버지도 활용, 통계청 공간통계정보의 네이버 포털 서비스 내 활용 등 공간정보 분야에서 상호 협력하는 내용이 포함된다. 이 협정을 통해 2010년 11월 실시되는 인구주택총조사를 비롯한 각종 통계조사용 지도에 네이버(Naver)의 항공영상을 접목함으로써 현장조사 업무효율성 향상을 도모하고, 또한 통계청의 다양한 공간통계정보를 민간 포털 서비스와 연계 활용하는 기반을 마련하였다(<그림2-27>).



<그림 2-27> 민간분야의 항공영상 구축

나. 「3차원 공간정보구축사업」 계획에 따른 항공 정사영상 구축

1) 3차원 공간정보구축 사업 개요

- 3차원 공간정보란 위치정보(X, Y, Z)에 영상, 질감 및 속성정보를 추가하여 현실 세계와 유사하게 표현하여 정량적인 분석과 의사결정에 효율성을 기할 수 있는 공간정보로써 3차원 공간정보는 지형자료(수치표고모형)와 항공영상 자료를 기반으로 다양한 센서로 취득한 정보와 각종 행정정보를 통합하여 제작한 입체적인 전자지도 제작의 기반이 됨으로써 입체적인 국토정보를 활용함으로써 합리적이고 효율적인 국토계획 및 관리를 위한 사이버 국토를 실현할 수 있고, 각종 콘텐츠와 융합하여 서비스함으로써 신산업 창출에 기여할 수 있는 국가차원의 기반정보가 된다.
- 정부에서는 공간정보를 효율적인 국토관리를 위한 핵심인프라로 인식하고 디지털국토를 구축하기 위하여 3차에 걸친 NGIS기본계획을 수립하여 관련 사업을 지속적으로 추진하고 있다. 또한 2010년까지 항공정사영상 및 수치표고모형 구축하는 다차원공간정보구축사업 및 다목적 디지털지리정보구축사업과 같은 시범 사업 등을 통해 관련기술을 안정적으로 운영하고 있다.
- 이에 정부는 2009년 ‘국가공간정보에 관한 법률’을 제정하여 정사영상 및 수치표고모형을 기본 공간정보로 지정함으로써 항공정사영상 및 수치표고모형을 국가에서 구축하여 제공해야하는 제도적 기반을 마련하였다. 제정된 ‘국가공간정보에 관한 법률’ 및 ‘국가공간정보에 관한 법률 시행령’은 다음과 같다.

국가공간정보에 관한 법률

제12조(기본공간정보의 취득 및 관리) ① 국토해양부장관은 지형·해안선·행정경계·도로 또는 철도의 경계·하천경계·지적·건물 등 인공구조물의 공간정보, 그 밖에 대통령령으로 정하는 주요 공간정보를 **기본공간정보로 선정**하여 관계 중앙행정기관의 장과 협의한 후 이를 관보에 고시하여야 한다.

② 관계 중앙행정기관의 장은 제1항에 따라 선정·고시된 기본공간정보(이하 “기본공간정보”라 한다)를 대통령령으로 정하는 바에 따라 **데이터베이스로 구축하여 관리하여야 한다.**

국가공간정보에 관한 법률 시행령

제15조(기본공간정보의 취득 및 관리) ① 법 제12조제1항에서 “대통령령으로 정하는 주요 공간정보”란 다음 각 호의 공간정보를 말한다. <개정 2009.12.14>

1. 기준점(「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」 제8조제1항에 따른 측량기준점표지를 말한다)
2. 지명
3. **정사영상**[항공사진 또는 인공위성의 영상을 지도와 같은 정사투영법(正射投影法)으로 제작한 영상을 말한다]
4. **수치표고모형**[지표면의 표고(標高)를 일정간격 격자마다 수치로 기록한 표고모형을 말한다]

2) 사업 범위 및 내용

- 3차원 공간정보(정사영상·수치표고모형)구축 사업의 주요내용은 항공기 운항이 불가능한 접경지역을 제외한 전국에 대한 정사영상 및 수치표고모형을 제작하여 행정업무 및 대국민 서비스 체계를 구축함으로써 항공정사영상은 자료의 최신성을 확보하기 위해 전국을 신규 촬영하여 제작한다.
- 3차원 공간정보(정사영상·수치표고모형)구축 사업은 2011년부터 2014년까지 국토해양부(국토지리정보원)가 주축이 되어 약 94,000km²의 면적에 해당하는 우리나라 전역의 항공정사영상 및 수치표고모형을 구축하게 된다(<표 2-12>).

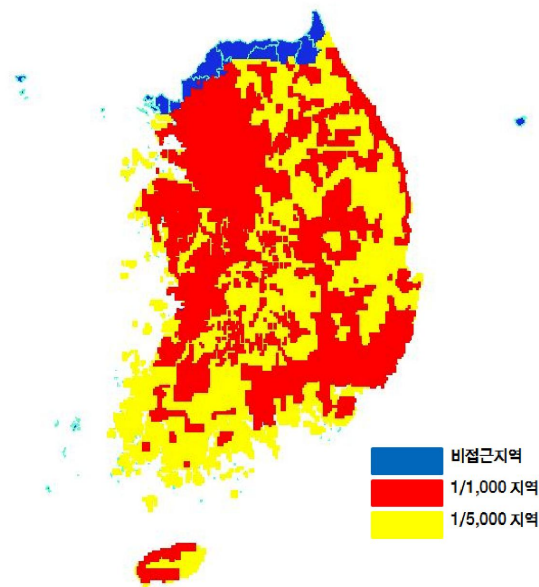
<표 2-12> 3차원 공간정보 구축사업 개요

구 분	개 요
사업규모	• 항공사진 촬영(94,075km²) • 수치표고모형(73,982km²) • 정사영상(94,075km²)
사업기간	2011 ~ 2014년(4년)
사업주체	국토해양부(국토지리정보원)

- 정사영상 및 수치표고모형은 전국을 산악지역과 비산악지역으로 구분하여 비산악지역의 경우 지상표본거리(GSD) 12cm로 촬영 하여 1:1,000수준의 축척으로 제작되며, <그림 2-28>과 같이 산악지의 경우 지상표본거리(GSD) 25cm로 촬영 하여 1:5,000수준의 축척으로 제작된다(<표 2-13>).

<표 2-13> 축척별 항공정사영상 구축 사양

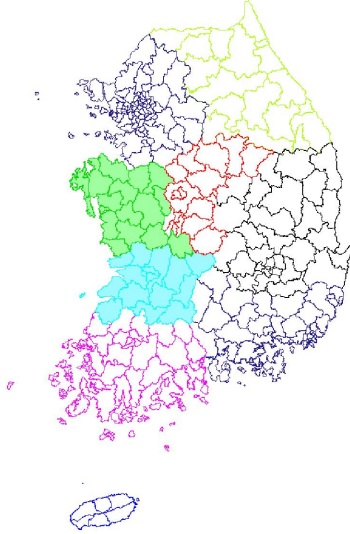
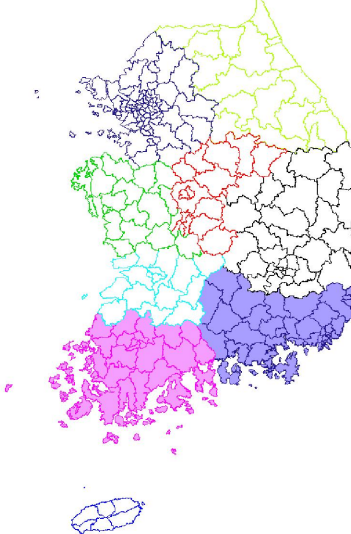
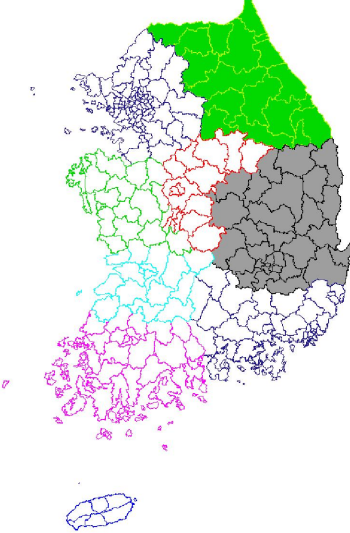
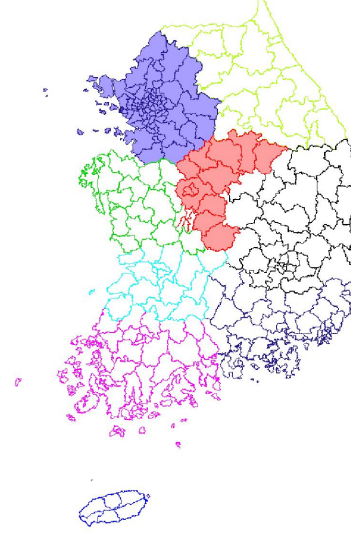
구분	1/1,000	1/5,000
지역	산악지 제외 지역	산악지
정사영상 GSD	12cm	25cm



<그림 2-28> 3차원 공간정보 구축 지역

- 항공정사영상제작의 면적 산출 기준은 국토지리정보원 권역별 항공사진 촬영 및 국토 모니터링 면적 기준으로 전 국토면적인 99,000km² 중 비 접근지역 및 도서지역의 면적을 제외한 면적이며, 본 사업 기간에는 도서지역 및 비 접근지역은 항공정사영상구축 대상지에서 제외 된다.

<표 2-14> 3차원공간정보(정사영상)년도별 구축 계획

	
2011년[충남/전북(22,320km ²)]	2012년[전남/경남(24,412km ²)]
	
2013년[경북/강원(30,186km ²)]	2014년[경기/충북(17,157km ²)]

- 2011년부터 2014년까지 연도별 항공정사영상 구축계획은 위의 <표 2-14>와 같다.

2011년은 충남/전북권역에 대해 약 22,320km², 2012년은 경남/전남권역에 대해 약 24,412km², 2013년은 강원/경북권역에 대해 약 30,186km², 2014년은 경기/충북권역에 대해 약 17,157km²면적에 대해 항공정사영상을 구축할 계획이다.

- 또한 촬영된 항공정사영상은 국토개발, 자연현상 등에 의한 지형지물의 변화를 탐지하고 공간정보를 갱신하여 공간정보의 최신성을 확보하기위하여 2년을 주기로 전국을 재촬영하여 갱신한다.
- 사업추진추체로는 국토해양부 및 국토지리정보원이 주축이 되어 사업을 추진한다. 국토해양부의 경우 총괄기획 및 관리, 기본계획수립, 예산확보, 국회·예산부처 대응, 진행관리, 법·제도 정비 등의 역할을 수행하며, 국토지리정보원의 경우 사업의 집행, 공정관리, 성과관리 및 배포, DB 및 시스템 표준, 지침 제정 등의 역할을 수행하게 된다. 또한 16개 광역자치단체는 공간정보·지적관련 담당과장으로 구성된 ‘지자체공간정보구축사업정책협의회’를 운영하고 있으며, 3차원 공간정보 구축사업 추진에 따른 중복투자 방지 및 지방자치단체 애로 사항, 건의 사항을 수렴하고, 공동협력문제를 협의하게 된다(<표 2-15>).

<표 2-15> 사업추진조직

조 직	주요역할
국토해양부	총괄 기획 및 관리 : 예산, 구축 대상지역 선정 협의체 및 자문위원회 운영 사업총괄추진 및 진행관리 지자체 공간정보 구축사업 정책협의회 주기적 개최 법·제도 정비 및 예산·인력 확보 등 운영환경 조성
국토지리정보원	사업 집행 : 사업발주·계약·공정관리·성과관리 등 DB구축 완료 후 주기적인 DB 갱신 구축 및 유지관리 기술의 모니터링 및 적용 구축된 공간정보에 대한
지방자치단체	3차원 공간정보 구축 및 유지관리 관련 등에 대한 의견 개선보유자료 제공 등 업무협조
지자체 공간정보구축사업 정책협의회	3차원 공간정보 계획 자문 자치단체 업무추진 협력·지원
3차원 공간정보 구축 실무 T/F	구축 및 유지관리 관련 법·제도 개선 지원 기술 적용성의 평가
DB 구축 사업체	3차원 공간정보 구축

제 3 장 항공영상 활용 농업면적조사 방법 개발

1. 항공영상 활용 농업면적 조사방법 개발개요

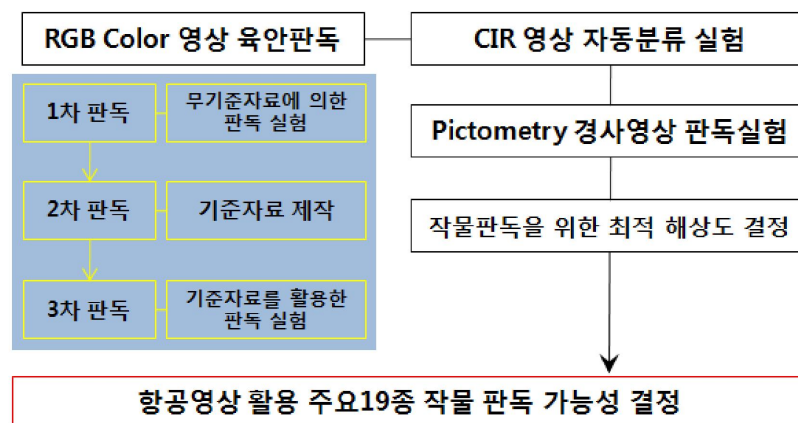
가. 현행 농업면적 조사개요

- 우리나라의 경지면적통계는 매년 11월 제5회 작물재배면적 통계 조사 시 함께 병행하여 조사하게 되며 재배면적통계는 작물의 생육상황에 따라 연간 5회에 걸쳐 조사하게 된다.
- 통계 추산 방법은 각 시·군별로 전년도 통계값에 표본단위구내의 변화 비율을 증감시켜준 후 경지면적 전수조사 값을 추산하게 된다. 각 시·군별 통계값은 각 도 및 전국 단위로 합계되어 통계값을 생산하게 된다.
- 현행 면적통계는 근본적으로 표본조사로 이루어지기 때문에 표본조사에서 오는 많은 문제점을 가지고 있다. 또한 표본설계가 자주 이루어지지 못하고 약 10여년을 주기로 이루어지기 때문에 모집단을 이루는 표본편성 자체가 급변하는 경지상황의 변화와 작부 체계의 변화를 반영하는 데는 많은 무리가 있다.
- 기본적으로 현행 면적통계는 표본조사가 가져오는 표본오차(sampling error)를 수반하고 있는데, 현재의 면적통계 생산 체계 하에서는 전수조사의 어려움과 표본조사의 불완전성이 동시에 존재하고 있다.
- 전수조사는 현재의 통계조사 여건을 고려할 때 현실적으로 불가능하여 이에 대한 대안으로 표본조사가 활용되고 있으나 방대한 현장 답사가 요구되는 농업통계의 특성상 잘못된 표본추출이 발생 할 수 있으며 이 경우 조사치와 현실치와의 괴리가 불가피하게 발생 할 수 있다.

- 또한 매년 경지면적 및 작물재배면적을 추정할 때 전년도 통계값을 기준으로 표본단 위구내의 증감상황을 반영하기 때문에 잘못된 통계값이 누적되어 해가 거듭할수록 편 의가 커질 수 있는 가능성이 존재한다.
- 마지막으로 현행 면적통계생산은 최소 시·군단위로 생산되기 때문에 기초지방자치단 체에서 필요로 하는 면단위 혹은 동단위의 세밀한 통계의 생산·보급이 불가능하다. 이 러한 통계는 중앙정부가 정책수행 및 정책방향을 설정하는 통계로는 적합하나 지역사 회 농업발전에 대한 기여도는 낮다고 볼 수 있다.

나. 항공영상 활용 농업면적 조사방법 개발개요

- 항공영상을 활용한 농업면적조사 방법의 개발을 위해 <그림 3-1>과 같이 19종의 주요 대상작물에 대하여 항공 RGB컬러 영상에 의한 가시영역상의 육안판독 실험과 비 가시 영역의 NIR밴드를 활용한 CIR영상의 자동 영상분류 실험, Pictometry 경사영상에 의한 육안판독실험을 실시하였다.



<그림 3-1> 항공영상 활용 농업면적조사방법 개발개요

- 또한 작물판독을 위한 최적의 공간해상도를 결정하기 위하여 성장패턴이 유사한 두 종 류의 작물을 선별하여 해상도별 판독실험을 실시하였다.

다. 관독 실험을 위한 항공정사영상 개요

1) 촬영장비

- 항공영상의 품질을 결정짓는 단계인 촬영은 카메라를 탑재하는 항공기의 안정성이 가장 중요하다. <표 3-1>은 본 관독 실험에 사용되는 항공영상을 촬영하는데 이용된 항공기인 Caravan208의 기본 제원을 나타내며, Caravan208은 사진측량을 위한 항공기중 가장 안정적인 항공기중 하나이다.

<표 3-1> 항공기 제원 및 성능

기종	Cessna Caravan208	
발동기	600SHP × 1	
촬영상승한도	27,000ft (9,150m)	
순항속도	250km/h	
항속시간	5h	
촬영속도	180km/h	

- 또한 항공영상 획득을 위해 사용된 카메라는 고해상 항공디지털 카메라인 Leica사의 ADS80이며, ADS80은 Leica사의 푸쉬브룸(Push-Broom)스캔방식의 디지털 카메라 중 2010년 현재 가장 최신의 항공 디지털카메라이다. <표 3-2>는 ADS80의 기본사양을 나타내었는데, ADS계열의 카메라에 대한 자세한 사항은 앞서 2장에서 이미 설명한 바 있다.

<표 3-2> ADS80 및 성능

기종	Leica ADS80(line scan 방식)
자료표현위	12bit
밴드	흑백, 적색, 녹색, 청색, 근적외
무게	66kg
초점거리	62.77mm
저장용량	200~500GB
저장용량	12,000pixels/Lines

- 항공 디지털 카메라는 GPS와 INS기술이 융합됨으로써 멀티센서로서의 기능을 수행하

여 기존의 방법보다 효율적인 작업수행이 가능하다. 항공사진측량에 있어 GPS와 INS 기술은 촬영 시 카메라의 위치 및 자세정보를 획득하는 장비인데, 특히 위치정보 획득을 위한 GPS 측위는 DGPS(Differential GPS)방식을 취하므로 보다 정확한 위치정보를 취득한다.

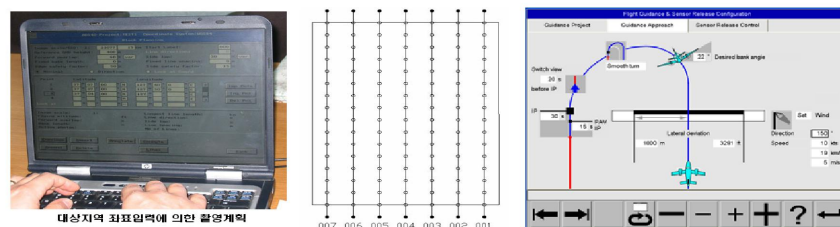
2) 항공정사영상 생성공정

- 본 연구를 위해 활용하는 항공영상은 푸쉬부름(Pushbroom)스캔방식으로 촬영하는 ADS계열의 카메라이며, ADS계열 카메라에 의한 항공정사영상 생성공정은 <표 3-3>과 같다.

<표 3-3> 항공정사영상 생성공정

	대분류	소분류	사용 S/W
1	촬영	촬영계획/촬영	FPES/FCMS
2	촬영성과 다운로드	항공기 Mass Memory 외장형 HDD Disk	
3	영상전처리	GPS/INS 자료처리 Workspace 및 Flight 생성/Project구성	IPAS/GrafNAV G-Pro
4	사진기준점측량(AT)	영상 Footprint 제작 지상기준점 선점	AutoCAD
		APM 및 조정 계산	G-Pro Orima
5	편의수정영상제작	영상 편위 수정(Rectify)	G-Pro
7	수치미분편위수정	Strip별 정사영상 제작 모자이크 및 방사보정	LPS LPS/Photoshop

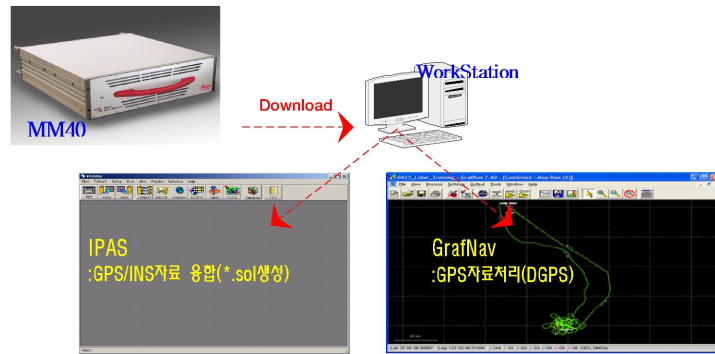
- 즉, 촬영계획은 전용 S/W인 FPES에 의해 계획하며, 촬영 시에는 설계된 계획에 FCMS에 의해 자동으로 제어된다(<그림 3-2>).



<그림 3-2> 촬영계획 및 촬영(FPES/FCMS)

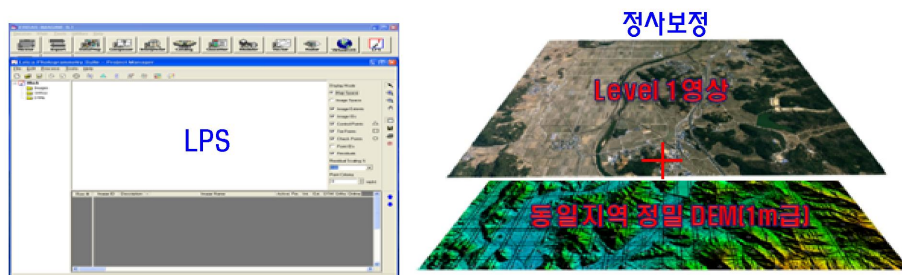
- ADS카메라의 전용 저장장치인 MM40에 저장된 원시성과는 일반 WorkStaton의 하드

디스크에 다운로드 되며, 전문 GPS/INS처리 소프트웨어인 IPAS 및 GrafNav에 의해 각 영상별 초기 외부표정요소(*.sol)가 계산된다(<그림 3-3>).



<그림 3-3> 초기 외부표정요소 산출(IPAS/GrafNav)

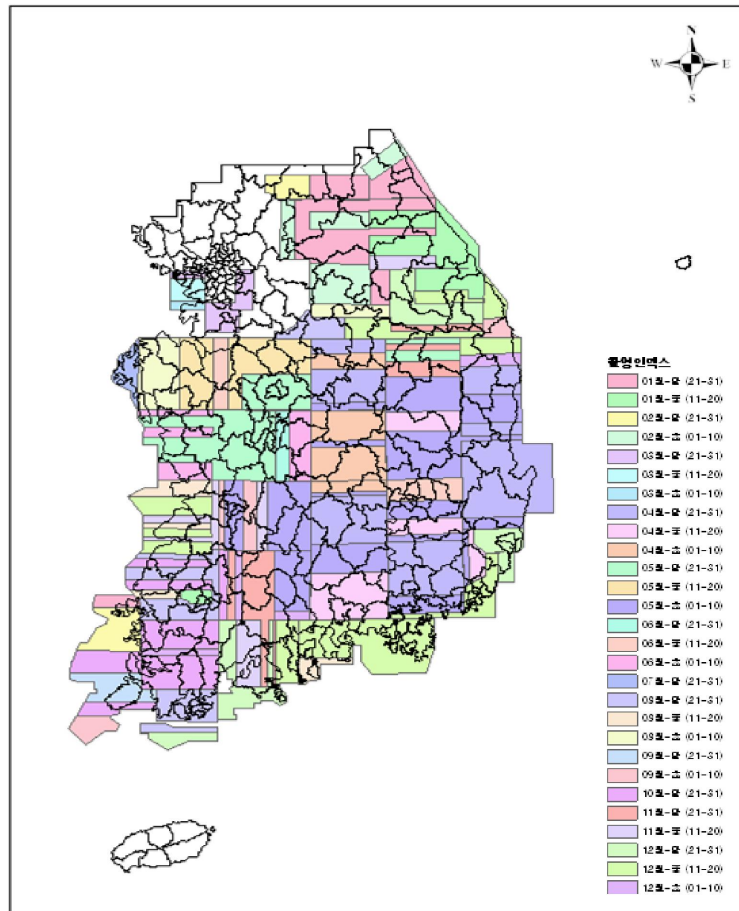
- WorkStaton으로 다운로드 된 촬영성과는 작업효율을 위해 전용 소프트웨어인 G-Pro를 이용하여 몇 개의 스트립단위로 작업블록들을 구성하며, 각 작업블록의 영상들은 전문 소프트웨어인 Orima를 활용하여 사진기준점측량(AT)을 통해 자동접합점관측(APM) 및 조정을 실시함으로써 정확한 3차원 위치정보를 갖는 영상별 외부표정요소를 계산한다.
- 영상별 외부표정요소가 결정되면 동일지역의 수치표고모델(DEM)을 활용한 수치미분편위수정(Rectify)과정을 통해 지형기복변위(Relief)가 보정된 항공정사영상을 생성하여, 본 연구에서와 같이 정량적 분석에 활용한다.



<그림 3-4> 수치미분편위수정(정사영상생성)

3) 관독실험을 위한 항공정사영상

- 관독실험을 위해 사용된 항공영상은 디지털 항공카메라인 ADS80에 의해 2009년 초부터 2010년 중반까지 약 1년 5개월에 걸쳐 촬영된 것이므로, <그림 3-5>에서와 같이 전국의 항공영상이 01월부터 12월까지 지역별로 고르게 분포한다. 따라서 본 실험에서와 같이 생육시기가 서로 다른 대상 작물들의 최적 관독 시기를 분석하기에 적합하다.



<그림 3-5> 전국 촬영인덱스

2. 항공영상 활용 육안판독 실험

가. 1차 판독 (무 기준자료 작물판독)

1) 1차 판독 개요

- 1차 판독은 대상조사구의 작물을 영상만으로 판독할 수 있는지 여부를 판단하기 위해 실시하는 무 기준자료 작물판독 실험이다. 즉, 대상조사구의 항공영상에 나타난 경지의 작물을 육안만으로 판독하는 것이다.

2) 1차 판독 대상지역 선정

- 본 연구에서 모든 작물판독실험을 위한 대상지역 선정은 주로 <그림 3-6>에서와 같이 2009년 조사된 표본조사구별 작물재배정보를 활용하여 동일 대상작물에 대해 점유율을 달리하여 최소 3개 지역 이상을 선정하였다.

기준작물	조사구	기준면적	면적
0.0000	0.0000	1144.0000	289.0000
0.0000	0.0000	7017.0000	0.0000
0.0000	0.0000	7017.0000	0.0000
0.0000	0.0000	7017.0000	0.0000
0.0000	0.0000	6469.0000	0.0000
0.0000	0.0000	6469.0000	0.0000
0.0000	0.0000	6469.0000	0.0000
0.0000	0.0000	6469.0000	0.0000
0.0000	0.0000	6469.0000	0.0000
0.0000	0.0000	1520.0000	0.0000
0.0000	0.0000	1520.0000	0.0000
0.0000	0.0000	1520.0000	0.0000
0.0000	0.0000	1520.0000	0.0000

<그림 3-6> 2009년 표본조사구별 작물재배정보(예)

- 그러나 1차 판독의 목적은 아무런 기준자료가 없이 영상만을 활용하여 판독하는 실험이므로, 대상지역 선정과 영상판독작업을 동일인이 수행 하는 경우 대상지역 선정 작업 시 재배작물에 대한 학습효과가 발생 할 수 있다.
- 따라서 1차 판독을 위한 판독자의 학습효과를 배제하기 위하여 대상지역선정을 통계청 주관으로 정함으로써 판독자로 하여금 대상 표본 조사구의 작물 재배정보를 알지 못하도록 하였다.

- 대상 조사구는 <그림 3-7> 및 <표 3-4>에서와 같이 조사구 내 작물의 점유율이 90% 이상, 50%이상, 50%미만을 차지하는 지역으로 각 작물 당 2~3개의 조사구를 선정하여 충청권, 전라권, 경상권, 제주권 등으로 구분, 전체 53개 지역을 대상지역으로 정하였으며 관독 시기는 작물별 성장시기가 왕성한 시기로 정하였다.



충청권	13개소
전라권	17개소
경상권	21개소
제주권	2개소
전체	53개소

<그림 3-7> 1차 관독 대상지역

<표 3-4> 표본조사구 내역

NO.	대상작물	충	카드	시도	시군구	읍면동	NO.	대상작물	충	카드	시도	시군구	읍면동
1	감	9	325	경남	창원시	동읍	28	보리	4	596	경남	밀양시	하남읍
2	감	9	40	경남	창원시	북면	29	보리	4	621	경남	밀양시	하남읍
3	감귤	9	1,670	제주	서귀포	남원읍	30	보리	1	913	경남	창원시	북면
4	감귤	3	1,271	제주	제주시	한경면	31	복숭아	9	39	경북	영천시	대창면
5	감자	6	785	충남	서산시	읍남면	32	복숭아	9	62	경북	영천시	대창면
6	감자	6	397	충남	서천군	충천면	33	복숭아	9	125	경북	영천시	대창면
7	고추	7	195	충남	태안군	안면읍	34	사과	5	245	충남	당진군	순성면
8	고추	5	146	충남	태안군	이원면	35	사과	6	425	충남	당진군	순성면
9	당근	7	550	충남	서산시	인지면	36	양배추	7	1,310	전남	무안군	해제면
10	당근	8	753	충남	서산시	인지면	37	양배추	7	1,605	전남	무안군	해제면
11	당근	8	773	충남	서산시	인지면	38	양배추	6	1,354	전남	무안군	현경면
12	대파	6	79	전남	진도군	진도읍	39	양파	4	192	경남	창녕군	유어면
13	대파	7	95	전남	진도군	진도읍	40	양파	1	215	경남	창녕군	유어면
14	대파	6	102	전남	진도군	진도읍	41	양파	7	1,283	전남	무안군	해제면
15	마늘	2	259	경남	창녕군	대합면	42	쪽파	2	24	전남	장흥군	안양면
16	마늘	1	291	경남	창녕군	대합면	43	쪽파	11	574	전남	장흥군	안양면
17	마늘	2	366	경북	영천시	신녕면	44	쪽파	3	661	전남	장흥군	안양면
18	마늘	1	393	경북	영천시	신녕면	45	참깨	6	629	충남	보령시	천북면
19	무	6	202	전남	나주시	봉황면	46	참깨	4	424	충남	태안군	태안읍
20	무	6	901	전남	나주시	봉황면	47	콩	8	190	전남	영광군	영광읍
21	무	6	183	전남	나주시	산포면	48	콩	6	1,845	충남	태안군	태안읍
22	배	9	755	경북	영천시	금호읍	49	콩	7	1,849	충남	태안군	태안읍
23	배	9	846	경북	영천시	금호읍	50	포도	11	96	경북	경산시	하양읍
24	배	9	868	경북	영천시	금호읍	51	포도	9	98	경북	경산시	하양읍
25	배추	6	493	전남	나주시	왕곡면	52	포도	9	315	경북	영천시	금호읍
26	배추	6	511	전남	나주시	왕곡면	53	포도	9	377	경북	영천시	금호읍
27	배추	6	658	전남	나주시	왕곡면							

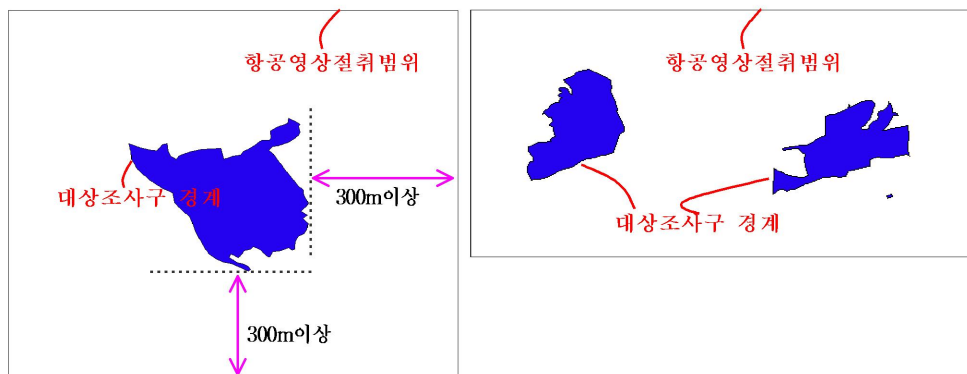
3) 1차 판독 대상지역 항공영상 확보

- 선정된 53개 대상조사구의 항공영상을 판독하기 위해 전국단위로 구성된 대용량의 기 구축 항공영상을 그대로 이용하는 것은 컴퓨터 메모리효율 상 불가능하므로, 작업이 가능한 소단위로 절취하여 관리해야 하며, 본 실험에서는 각 대상 조사구별로 영상을 절취하여 확보한 후 판독에 이용하였다.
- 항공영상을 절취하기 위해서는 절취에 이용되는 조사구의 경계 자료가 필요하며, 항공영상과 조사구 경계 자료와의 좌표계를 일치 시켜야 한다. 항공영상과 조사구 경계 자료의 좌표계는 우리나라의 단일원점 투영 좌표계인 UTM-k로 동일하게 하였으며, <표 3-5>는 UTM-k좌표계에 대한 기본정보이다.

<표 3-5> UTM-k좌표계의 기본정보

기준계	투영 원점		축척계수	가산계수	
KGD2002 (GRS80타원체)	경도(Longitude)	127 ° 30' 00"	0.9996	Easting(Y)	1,000,000(m)
	위도(Latitude)	38 ° 00' 00"		Northing(X)	2,000,000(m)

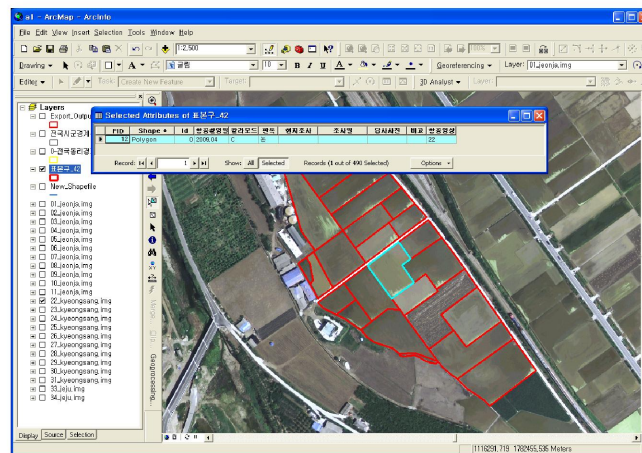
- 대상조사구의 항공영상을 절취하기 위한 공간적 범위는 <그림 3-8>에서와 같이 각 조사구의 지적도 기반 수치경계 외곽으로부터 최소 300m이상을 연장한 직사각형 모양으로 하여 조사구 내에서 누락되는 지역이 없도록 하였다. 또한 대상 조사구가 인접해 있는 경우 인접 조사구까지 두개의 조사구를 포함하도록 하나의 범위로 정하였다.



<그림 3-8> 항공영상 절취 범위

4) 1차 판독 경지 구획

- 경지 구획은 대상 조사구의 항공영상에 나타난 경작지를 재배작물별로 구분하는 것이다. 즉, ArcMap S/W를 이용하여 <그림 3-9>에서와 같이 색깔, 밝기 등의 영상패턴이 유사한 경지별로 구획하여 속성정보를 입력할 수 있는 테이블을 만들고 각 구획 경작지별로 면적을 계산하여 입력하는 것이다(부록 1참조).



<그림 3-9> 작물구획(예)

- 경지별 구획 면적 계산은 ArcMap S/W의 내부 알고리즘을 활용하여 쉽게 계산 할 수 있으며, 각 구획 경지의 속성 정보로는 <표 3-6>에서와 같이 차후 해당 구획경지에서 경작되는 작물을 판독하여 입력할 수 있는, ‘판독결과’, 사용된 항공영상 정보인 ‘촬영일’, ‘칼라모드’, 등의 필드를 추가하였다.

<표 3-6> 구획 경지의 속성정보 구성(예)

조사구번호	경지ID	항공영상촬영일	칼라모드	판독작물	판독면적	조사일	비고
755	111	2009.05	RGB	-	321.2	2010.05.28	
755	112	2009.05	RGB	-	11046.7	2010.05.28	
.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	

5) 1차 판독

- 작물판독은 주요 대상작물에 대한 지식이 거의 없고 판독자의 주관적인 판단에 의존하였기 때문에, 모든 대상작물을 판독하여 속성필드에 기입할 수는 없었다. 따라서 <그림 3-10>에서와 같이 서로 동일한 영상패턴을 보이는 경지들에 경작 작물을 동일한 작물로 간주하고 같은 ID를 부여하였다(별책 1참조).



<그림 3-10> 무작위 작물판독(예)

- ID부여 방법은 각 대상조사구가 속한 권역의 이름을 활용하였다. 즉, 충청권은 'CC', 전라권은 'JL', 경상권은 'GS', 제주권은 'JJ'로 하고 각 ID 뒤에 숫자를 붙임으로써 작물의 종류를 구분하였다.
- 또한 판독이 완료된 후, 대상 조사구 중 일부를 선별하여 현장조사를 실시하였다. 원칙적으로 현장조사는 항공영상의 촬영시기와 비슷한 시기에 실시해야 하지만 실제 현장조사 시기는 이미 1년 이상이 지났고, 작물별 생육시기 또한 서로 다르기 때문에 조사구의 실소유주나 현지 주민들을 상대로 한 설문조사에 대부분 의존하였다.

6) 1차 관독 결과분석

- <표 3-7>에서는 항공영상을 이용한 전체 표본 조사구에 대한 관독결과를 각 조사구별 우점작물 상위 3종을 면적순서로 정리하였고, 검증은 위하여 통계청으로부터 인수받은 2009년 재배면적 조사 결과에 나타난 동일 조사구의 우점 작물 3종과 비교하였다.

<표 3-7> 조사구별 항공영상 관독현황

NO	조사구	소재	구분	우점 작물(㎡)					
				1	2	3			
1	95	전남 진도군 진도읍	검증(통계청)	대과	8,165.0	고추	400.0	참깨	299.0
			관독(항공영상)	JL_1	8,967.8	JL_3	5,860.4	논벼	2,385.9
2	102	전남 진도군 진도읍	검증(통계청)	대과	15,981.0	참깨	680.0	고추	650.0
			관독(항공영상)	JL_1	15,324.0	JL_2	8,746.7	논벼	3,282.6
3	79	전남 진도군 진도읍	검증(통계청)	대과	4,955.0	고추	2,607.0	콩	2,035.0
			관독(항공영상)	JL_1	7,973.7	JL_4	5,388.6	JL_5	5,204.1
4	24	전남 장흥군 안양면	검증(통계청)	쪽파	5,055.0	감자	1,732.0	참깨	1,452.0
			관독(항공영상)	JL_7	9,418.4	JL_8	6,224.2	JL_5	3,181.2
5	574	전남 장흥군 안양면	검증(통계청)	쪽파	10,141.0	감자	5,669.0	콩	2,791.0
			관독(항공영상)	JL_8	13,871.8	JL_9	5,152.8	기타	96.8
6	661	전남 장흥군 안양면	검증(통계청)	쪽파	19,892.0	감자	10,043.0	-	-
			관독(항공영상)	JL_8	18,080.2	JL_10	11,421.8	기타	1,257.4
7	493	전남 나주시 왕곡면	검증(통계청)	김장배추	19,593.0	-	-	-	-
			관독(항공영상)	JL_13	29,677.4	-	-	-	-
8	511	전남 나주시 왕곡면	검증(통계청)	김장배추	2,421.0	마늘	1,293.0	감	250.0
			관독(항공영상)	JL_4	11,828.5	JL_12	9,552.7	JL_11	7,574.5
9	658	전남 나주시 왕곡면	검증(통계청)	김장배추	6,826.0	콩	265.0	고추	105.0
			관독(항공영상)	JL_11	5,361.7	JL_4	4,246.6	JL_8	4,088.3
10	183	전남 나주시 산포면	검증(통계청)	김장무	20,219.0	쪽파	18,801.0	-	-
			관독(항공영상)	JL_13	21,681.2	JL_4	2,799.5	-	-
11	901	전남 나주시 봉황면	검증(통계청)	김장무	8,509.0	참깨	904.0	고추	330.0
			관독(항공영상)	JL_12	10,173.9	JL_13	8,752.9	JL_9	6,919.5
12	202	전남 나주시 봉황면	검증(통계청)	김장배추	3,182.0	김장무	1,874.0	-	-
			관독(항공영상)	JL_13	10,318.0	JL_9	9,950.5	논벼	6,290.8
13	1,354	전남 무안면 현경면	검증(통계청)	양배추	19,405.0	-	-	-	-
			관독(항공영상)	JL_6	28,518.8	-	-	-	-
14	1,605	전남 무안면 해제면	검증(통계청)	양파	15,831.0	양배추	1,500.0	쪽파	1,500.0
			관독(항공영상)	JL_14	29,006.6	JL_9	3,664.2	JL_4	1,740.8
15	1,310	전남 무안면 해제면	검증(통계청)	양파	15,866.0	콩	10,103.0	참깨	5,615.0
			관독(항공영상)	JL_14	19,286.2	기타	393.0	-	-
16	1,283	전남 무안면 해제면	검증(통계청)	양파	20,157.0	참깨	8,677.0	콩	7,883.0
			관독(항공영상)	JL_14	25,190.8	기타	2,552.9	-	-
17	190	전남 영광군 영광읍	검증(통계청)	콩	23,681.0	-	-	-	-
			관독(항공영상)	JL_13	24,024.5	-	-	-	-
18	393	경북 영천시 신녕면	검증(통계청)	마늘	20,555.0	콩	52.0	-	-
			관독(항공영상)	논벼	41,961.4	기타	3,284.7	-	-
19	366	경북 영천시 신녕면	검증(통계청)	마늘	11,335.0	참깨	1,220.0	콩	165.0
			관독(항공영상)	논벼	15,036.8	GS_2	1,202.4	-	-

<표 3-7> 조사구별 항공영상 판독현황(계속)

NO	조사구	소재	구분	우점 작물(㎡)					
				1		2		3	
20	96	경북 경산시 하양읍	검증(통계청)	포도	5,953.0	참깨	665.0	마늘	117.0
			판독(항공영상)	대추	9,196.1	포도	7,448.1	논벼	3,176.5
21	98	경북 경산시 하양읍	검증(통계청)	포도	4,324.0	콩	630.0	참깨	512.0
			판독(항공영상)	대추	7,516.2	포도	5,017.1	매실	2,773.8
22	755	경북 영천시 금호읍	검증(통계청)	배	20,225.0	-	-	-	-
			판독(항공영상)	배	44,341.9	묘목	2,532.6	-	-
23	868	경북 영천시 금호읍	검증(통계청)	배	14,906.0	포도	2,237.0	콩	100.0
			판독(항공영상)	배	17,582.5	포도	4,331.3	복숭아	3,652.5
24	846	경북 영천시 금호읍	검증(통계청)	배	12,187.0	-	-	-	-
			판독(항공영상)	배	23,309.8	묘목	2,511.4	고추	2,152.3
25	315	경북 영천시 금호읍	검증(통계청)	포도	11,800.0	콩	645.0	-	-
			판독(항공영상)	포도	36,377.3	거봉	2,046.5	겉보리	1,714.1
26	377	경북 영천시 금호읍	검증(통계청)	포도	8,376.0	감자	1,867.0	-	-
			판독(항공영상)	포도	22,556.8	대추	3,378.1	-	-
27	125	경북 영천시 대창면	검증(통계청)	복숭아	6,688.0	고추	1,805.0	참깨	1,369.0
			판독(항공영상)	GS_1	13,986.3	논벼	1,138.1	GS_3	920.3
28	62	경북 영천시 대창면	검증(통계청)	복숭아	13,786.0	콩	479.0	참깨	440.0
			판독(항공영상)	GS_1	21,085.3	GS_3	1,636.2	포도	297.4
29	39	경북 영천시 대창면	검증(통계청)	복숭아	5,346.0	콩	3,717.0	참깨	689.0
			판독(항공영상)	GS_1	12,640.7	논벼	6,215.6	포도	2,028.7
30	259	경남 창원군 대합면	검증(통계청)	마늘	3,834.0	-	-	-	-
			판독(항공영상)	GS_9	13,519.8	논벼	7,565.3	GS_5	5,108.9
31	291	경남 창원군 대합면	검증(통계청)	마늘	14,304.0	-	-	-	-
			판독(항공영상)	논벼	17,204.8	-	-	-	-
32	215	경남 창원군 유어면	검증(통계청)	양파	9,383.0	마늘	9,086.0	-	-
			판독(항공영상)	GS_4	10,036.3	GS_5	9,369.0	기타	2,012.2
33	192	경남 창원군 유어면	검증(통계청)	양파	3,643.0	마늘	2,062.0	참깨	1,790.0
			판독(항공영상)	GS_6	4,642.5	GS_4	2,941.8	GS_5	2,210.1
34	596	경남 밀양시 하남읍	검증(통계청)	보리	6351	콩	849	-	-
			판독(항공영상)	GS_6	12,093.9	GS_7	5,802.0	포도	1,731.4
35	621	경남 밀양시 하남읍	검증(통계청)	보리	3,461.0	감자	760.0	콩	612.0
			판독(항공영상)	GS_6	8,877.3	GS_7	6,462.2	GS_10	2,337.0
36	913	경남 창원시 북면	검증(통계청)	보리	22,833.0	-	-	-	-
			판독(항공영상)	논벼	28,700.7	-	-	-	-
37	40	경남 창원시 북면	검증(통계청)	감	14,949.0	콩	415.0	-	-
			판독(항공영상)	GS_8	51,001.5	-	-	-	-
38	325	경남 창원시 동읍	검증(통계청)	감	11,265.0	콩	962.0	참깨	203.0
			판독(항공영상)	GS_8	8,388.7	GS_9	5,693.9	기타	3,059.1
39	1,271	제주 제주시 한경면	검증(통계청)	양배추	29,677.0	보리	7,834.0	감귤	5,908.0
			판독(항공영상)	jeju_3	14,246.3	jeju_2	12,299.4	jeju_1	8,414.6
40	1,670	제주 서귀포 남원읍	검증(통계청)	감귤	21,445.0	-	-	-	-
			판독(항공영상)	jeju_3	19,156.9	-	-	-	-

○ 표에서 보는 바와 같이 각 조사구에서 우점 하는 상위 3종의 작물재배면적에서 통계청의 현장조사(2009) 값과 항공영상을 이용한 원격조사 기법으로 구한 재배면적과 큰 차이를 보인다.

- 이러한 면적차이가 발생하는 요인으로서는 첫째, 현장에서 목측·보측, 또는 줄자 등을 이용하여 재배면적을 추정하는 현행 측정방식, 둘째, 면적조사에 이용되는 실제의 작물 재배상황과 일치하지 않는 지적도 기반의 종이요도, 마지막으로 조사요원의 성실성 등으로 현행 농업통계 생산 방식의 전반적인 단점들에서 기인된 것으로 판단된다.

- 또한 항공영상에 나타난 작물별 영상패턴은 구분이 되나, 각 영상패턴이 어떤 작물을 나타내는지에 대해서는 알지 못하여 <그림 3-10>에서 보는 바와 같이 영상패턴별로 특정 ID를 부여하였다.

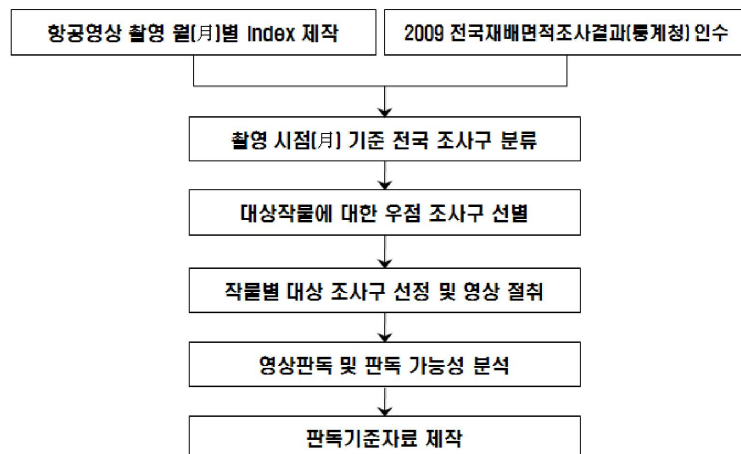
나. 2차 판독(판독기준자료 제작)

1) 2차 판독 개요

- 대상작물에 대한 기초정보가 없었던 1차 판독에서는 항공영상을 활용한 경지구획으로 정확한 면적을 산출 할 수 있었지만, 서로 다른 분광특성으로 항공영상에 기록된 작물들을 명확하게 구분할 수는 없었다.
- 따라서 2차 판독에서는 항공영상에 기록된 대상작물의 판독을 명확하도록 하기위한 보조 자료로써, 작물의 성장시기별 분광특성을 고려한 판독기준자료를 제작하였다. 즉, 2차 판독은 작물의 성장시기별 항공영상패턴을 분석하여 작물별 판독 가능성과 항공영상으로 해당 작물을 판독할 수 있는 최적의 시기 및 고유의 분광패턴을 정리하는 작업이다.

2) 판독기준자료 제작 방법

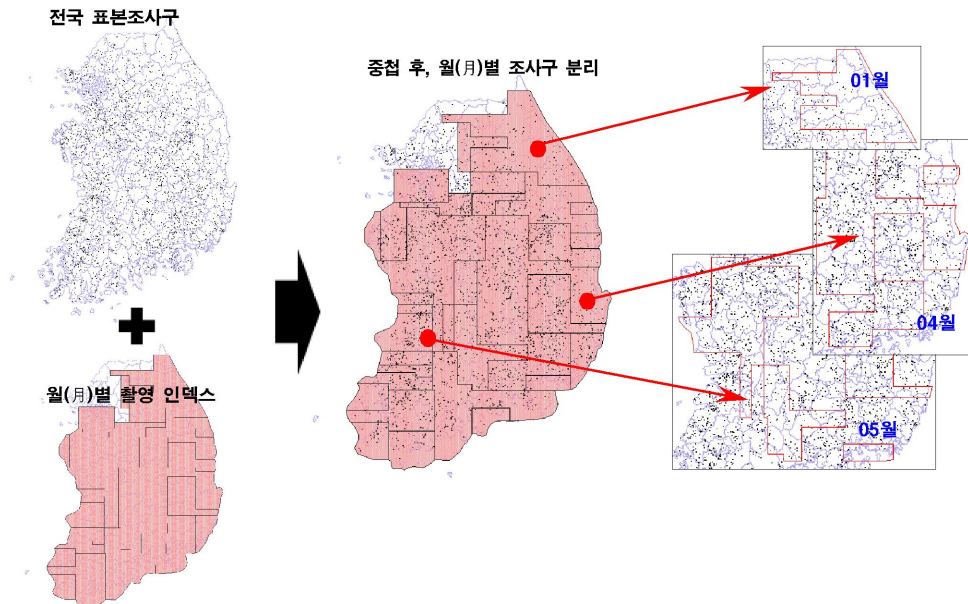
- 판독기준자료 제작은 <그림 3-11>에서 보는 바와 같이 본 연구에 활용된 항공영상의 월(月)별 촬영 인덱스와 2009년 전국표본조사구의 재배면적조사결과를 활용하였다.



<그림 3-11> 판독기준자료 제작방법

- 즉, 첫 번째로 2009년 초에서 2010년 중반까지 촬영한 항공영상의 월(月)별 촬영 인덱스를 제작하고 전국의 표본조사구들과 중첩하여, 항공영상의 촬영시점을 기준으로 표본

조사구들을 분류하였다(<그림 3-12>).

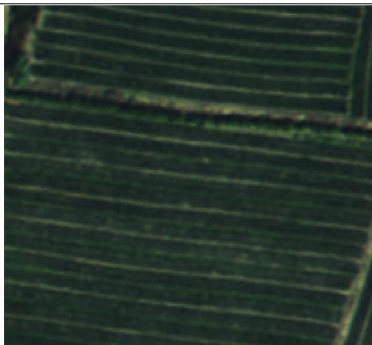
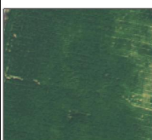
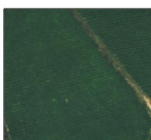


<그림 3-12> 촬영 시점 기준 전국 조사구 분류

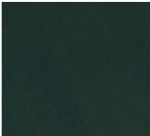
- 두 번째로 각 대상 작물들의 생육이 가장 왕성한 시기에 해당하는 월(月)별 조사구들 중 해당 작물이 일정 비율 이상으로 우점 하는 조사구들을 선별하고, 대상 작물의 재배 면적과 지역적 특성을 고려하여 작물별 대상지역을 선정하였다.
- 또한, 각 대상작물의 기준자료를 제작하기 위해 선정한 조사구의 수는 생육이 왕성한 기간에서 최소 2개의 월(月) 이상에 해당하는 조사구를 선정하여 전체 대상작물에 대해 총 77개의 조사구를 선정하였고, 선정된 작물별 대상지역의 항공영상은 1차 판독에 서와 같은 방법으로 절취하였다.
- 절취된 각 대상작물에 대한 항공영상들은 작물별 재배특성 및 동일시기에 재배되는 다른 작물의 영상패턴과 비교하여 대상 작물들의 판독가능성을 분석하였으며, 이를 토대로 하여 판독기준자료를 제작하였다.

3) 작물별 판독 가능성 분석

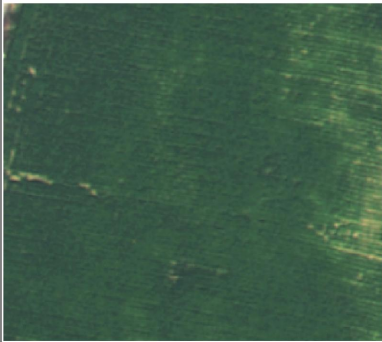
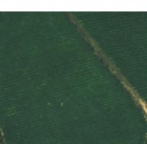
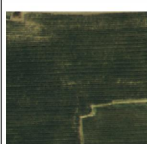
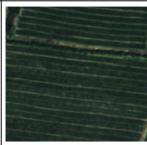
- 쪽파 : 쪽파의 최적 판독시기를 분석하기 위해 재배 기간 중 06, 07, 09, 10월의 패턴을 분석하였으며, 최적 판독 시기는 다음과 같이 10월인 것으로 조사 되었다.

최적 판독시기		동일시기 다른 작물	
전남장흥(10월)	전남장흥(10월)	김장 무	김장배추
			
		마늘/양파	양배추
			
실제 재배전경		분 석 쪽파는 3월부터 11월까지 약9개월 동안 재배되는 작물이며 10월은 쪽파의 수확기에 접어든 시기이다. 따라서 이 시기의 쪽파는 가늘고 긴 잎이 무성하게 자라며 항공 영상에 넓은 녹색 띠로 나타난다. 또한 동일시기의 김장 무, 김장배추, 마늘/양파, 등의 영상패턴과 구분된다.	
			

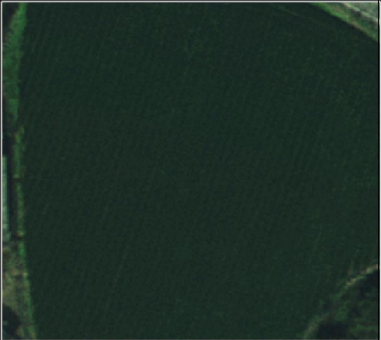
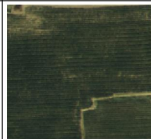
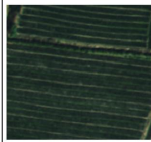
- 봄감자 : 봄감자의 최적 판독시기를 분석하기 위해 재배 기간 중 05~07월의 패턴을 분석하였으며, 최적 판독 시기는 다음과 같이 05월인 것으로 조사 되었다.

최적 판독시기		동일시기 다른 작물	
충남 당진(05월)	경북 상주(05월)	보리	참깨
			
		대파	
			
실제 재배전경	분석 5월의 감자는 총 재배 기간 약5개월 중 파종 후 약 3개월이 지난 시기 로써 작물의 성장이 왕성한 시기이다. 이 시기의 감자에 대한 항공영 상 패턴은 좁은 이랑에 일렬로 심어진 감자 잎들이 보이는 녹색 줄무 늬이다. 또한 동일시기의 다른 주요작물의 영상패턴과 차이를 보인다.		
			

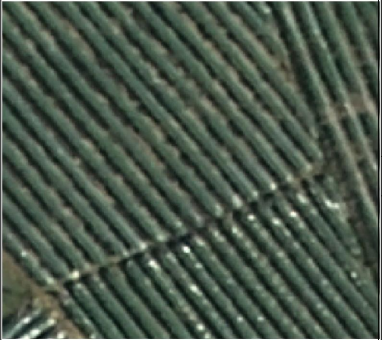
- **김장무** : 김장무의 최적 판독시기를 분석하기 위해 재배 기간 중 08~10월의 패턴을 분석하였으며, 최적 판독 시기는 다음과 같이 10월인 것으로 조사 되었다.

최적 판독시기		동일시기 다른 작물	
전북고창(10월)	전남영암(10월)	김장배추	대파
			
실제 재배전경 			쪽파 
		분 석 총 재배 기간 5개월 중 10월은 성장이 대부분 완료되고 수확기에 접어든 시기이다. 수확기에 접어든 잎은 성장이 왕성하고 이랑과 이랑 사이의 구분이 명확하지 않으며 전반적으로 진한 녹색 바탕에 희미하게 이랑 사이를 구분 할 수 있는 옅은 선형이 일반적인 항공영상 특징이다. 또한 동일시기 다른 주요작물의 영상패턴과 다른 패턴을 보인다.	

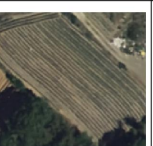
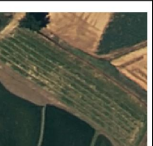
- **김장배추** : 김장배추의 최적 판독시기를 분석하기 위해 재배 기간 중 08~10월의 패턴을 분석하였으며, 최적 판독 시기는 다음과 같이 10월인 것으로 조사 되었다.

최적 판독시기		동일시기 다른 작물		
전북고창(10월)	전남영암(10월)	김장 무	대파	
				
			쪽파	
				
실제 재배전경		분 석	총 재배 기간 5개월 중 10월은 성장이 대부분 완료되고 수확기에 접어든 시기이다. 수확기에 접어든 배추는 동일 시기의 ‘김장 무’의 항공영상 패턴과 비슷하나, 이 시기의 김장배추에서는 이랑과 이랑 사이의 경계가 ‘김장 무’보다 비교적 선명하게 구분 되는것이 항공영상 특징이다. 또한 동일 시기의 다른 주요 작물의 영상패턴과도 구분된다.	
				

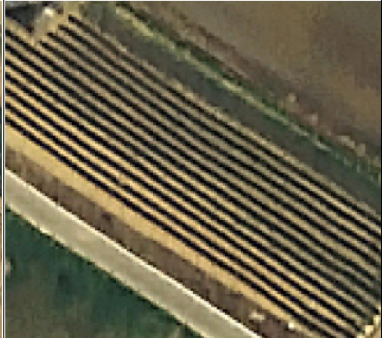
- 포도 : 포도의 최적 관독시기를 분석하기 위해 개화기인 05,06월과 수확기인 08,09월의 패턴을 분석하였으며, 최적 관독 시기는 다음과 같이 08월인 것으로 조사 되었다.

최적 관독시기		동일시기 다른 작물	
전남 담양(08월)	충북 영동(08월)		
			
실제 재배전경 		분 석 포도는 덩굴성 작물로 성장기간은 약5개월이다. 포도는 일반적으로 열매의 성장 시기에 품질향상을 위해 폭이 좁은 비닐을 씌워서 재배하는 특성이 있으며, 항공영상 상에는 일반적인 비닐하우스보다 좁은 백광 색의 긴 줄무늬로 나타난다.	

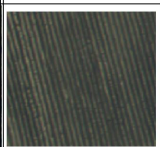
- 고추 : 고추의 최적 관독시기를 분석하기 위해 개화기인 05~08월의 패턴을 분석하였으며, 최적 관독 시기는 다음과 같이 07월인 것으로 조사 되었다.

최적 관독시기		동일시기 다른 작물	
충남 태안(07월)	충남 태안(07월)	대파	쪽파
			
실제 재배전경 		참깨 	
분 석		6월은 고추를 파종 한 후 약 3개월이 지난 시기이다. 이 시기의 고추는 성장이 왕성하지 않은 것으로 판단되며 특히, 고추파종을 위해 씌워진 검정 비닐 멀칭이 항공영상 상에 검정색 띠로 나타나는 것이 영상의 주된 특징이다. 비슷한 시기의 대파, 쪽파 등 동일 시기의 다른 주요작물들과는 영상패턴에서 차이를 보였으나, 참깨의 영상패턴과는 유사한 양상을 보였다.	

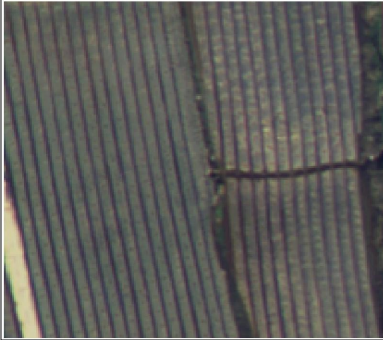
- 참깨 : 참깨의 최적 관독시기를 분석하기 위해 05~08월의 패턴을 분석하였으며, 최적 관독 시기는 다음과 같이 06월인 것으로 조사 되었다.

최적 관독시기		동일시기 다른 작물	
전남 신안(06월)	전남 신안(06월)	대파	콩
			
		쪽파	고추
			
실제 재배전경	분 석	06월은 참깨의 파종시기이다. 참깨는 파종 시에 검정색 비닐에 의한 멀칭을 하며, 항공사진 상에는 검정색 줄무늬로 나타나는 것이 주요 특징이다. 동일시기의 다른 주요작물인 대파, 콩, 쪽파 등과는 서로 다른 영상패턴을 보였으나, 같은 검정색 비닐로 멀칭을 하는 고추와는 비슷한 양상을 보였다.	
			

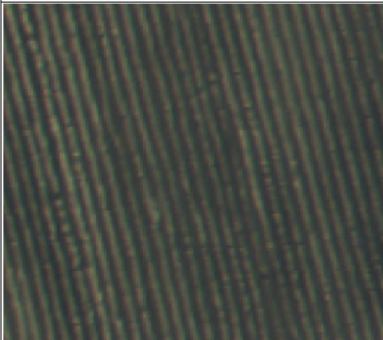
- 마늘 : 마늘의 최적 관독시기를 분석하기 위해 개화기인 01~05월의 패턴을 분석하였으며, 최적 관독 시기는 다음과 같이 01월과 02월인 것으로 조사 되었다.

최적 관독시기		동일시기 다른 작물	
전남 무안(01월)	전남 신안(02월)	보리	양파
			
실제 재배전경	분 석	01월과 02월은 마늘의 전체 성장 기간 중 파종 후 약 절반 정도 지난 시기이나, 이 시기의 마늘의 성장은 왕성하지 않다. 따라서 마늘 파종 시 폭이 넓은 이랑에 켜워지는 비닐 멀칭이 항공영상에 밝은 색 띠로 길게 나타난다. 그러나 이는 동일시기 맥류와의 영상패턴은 구분되나 성장시기와 재배특성이 비슷한 양파의 영상패턴과 유사하여 서로 비슷한 패턴을 보인다.	
			

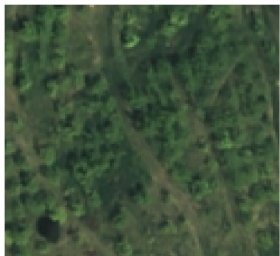
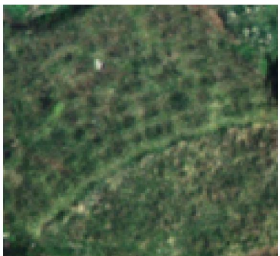
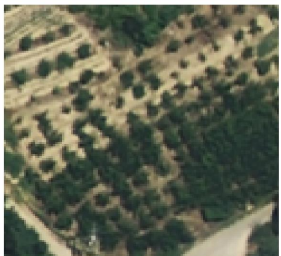
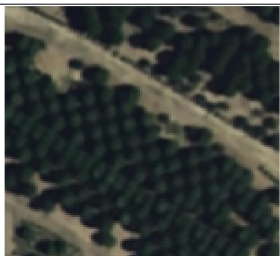
- **양파** : 양파의 최적 판독시기를 분석하기 위해 개화기인 01~05월의 패턴을 분석하였으며, 최적 판독 시기는 다음과 같이 01월과 02월인 것으로 조사 되었다.

최적 판독시기		동일시기 다른 작물	
전남 신안(01월)		보리	마늘
			
실제 재배전경	분 석	01월과 02월은 양파의 전체 성장 기간 중 파종 후 약 절반 정도 지난 시기이나, 이 시기의 양파 성장은 왕성하지 않다. 따라서 양파 파종 시 폭이 넓은 이랑에 썩워지는 비닐 멀칭이 항공영상에 밝은 색 띠로 길게 나타난다. 그러나 이는 동일시기 마늘의 패턴과 유사하다.	
			

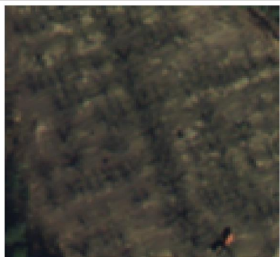
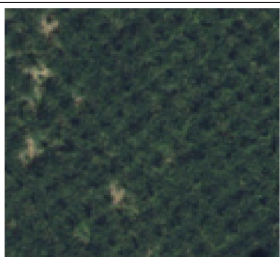
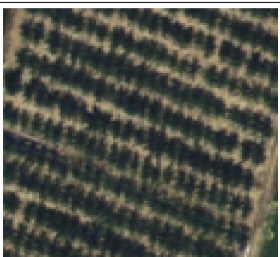
- **맥류** : 맥류의 최적 판독시기를 분석하기 위해 개화기인 01~05월의 패턴을 분석하였으며, 최적 판독 시기는 다음과 같이 01월과 02월인 것으로 조사 되었다.

최적 판독시기		동일시기 다른 작물	
전남 신안(02월)	전남신안(01월)	마늘	양파
			
실제 재배전경	분 석	01월과 02월의 맥류는 전체 성장 기간 중 파종 후 약 4개월이 지난 시기이며, 이 시기의 맥류는 옷자람을 억제하기 위한 보리밭기 등으로 인해 성장이 왕성하지 않아 항공영상상에 황토색의 밭이 보리의 이랑과 함께 나타난다. 또한 동일 시기의 주요작물인 마늘과 양파 등의 영상 패턴과도 구분된다.	
			

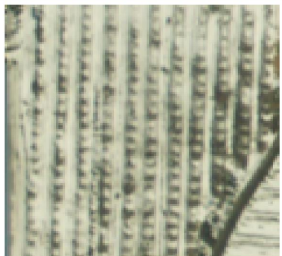
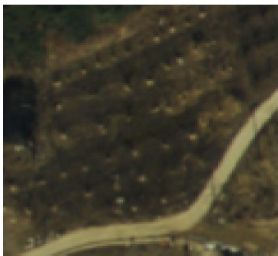
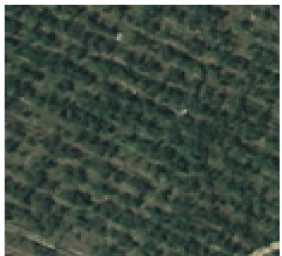
- 감 : 감은 과수 작물로써 04월,05월 개화하여 08월부터 수확한다. 판독 가능성 분석을 위해 개화기와 수확기에 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 판독시기를 찾을 수 없었다.

울산(05월)	창녕(05월)	칠곡(06월)
		
임실(06월)		
		

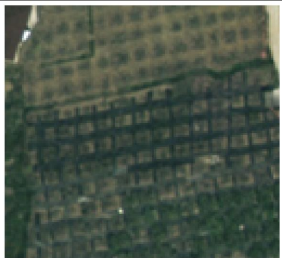
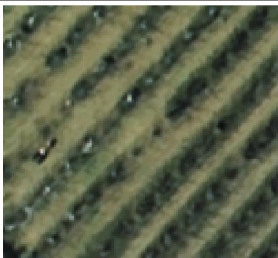
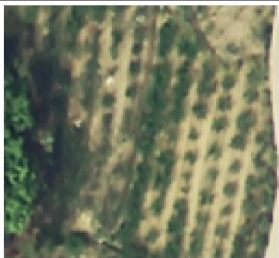
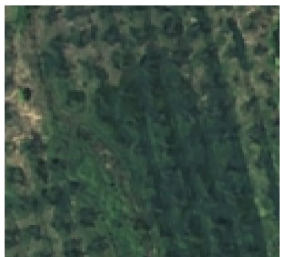
- 배 : 배는 과수 작물로써 04월,05월 개화하여 08월부터 수확한다. 판독 가능성 분석을 위해 개화기와 수확기에 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 판독시기를 찾을 수 없었다.

양양(01월)	양양(01월)	홍천(02월)
		
나주(08월)	함평(08월)	
		

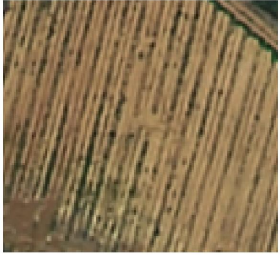
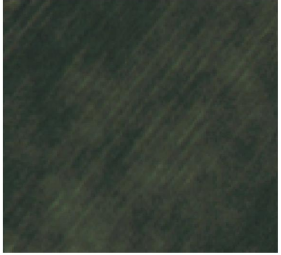
- 사과 : 사과는 과수 작물로써 04월,05월 개화하여 08월부터 수확한다. 관독 가능성 분석을 위해 개화기와 휴경기의 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 관독시기를 찾을 수 없었다.

춘천(01월)	춘천(02월)	안동(05월)
		
당진(05월)		
		

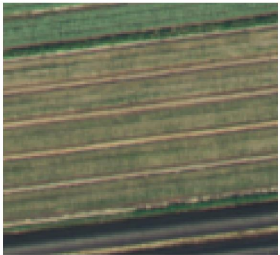
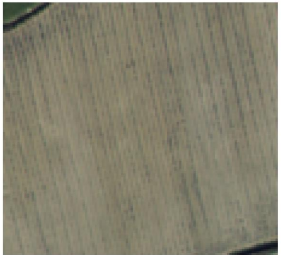
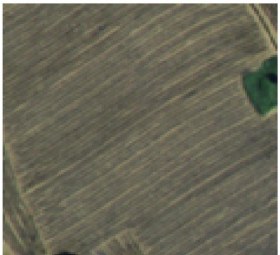
- 복숭아 : 복숭아는 과수 작물로써 04월,05월 개화하여 08월부터 수확한다. 관독 가능성 분석을 위해 개화기와 수확기에 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 관독시기를 찾을 수 없었다.

청도(04월)	영동(04월)	경산(05월)
		
음성(05월)		
		

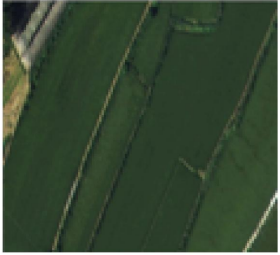
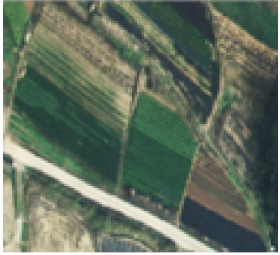
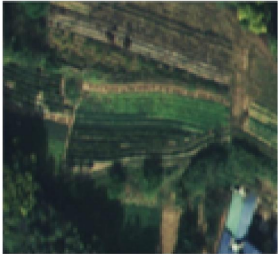
- **대파** : 대파는 3월에 파종하여 11월까지 수확하는 작물로써 판독 가능성 분석을 위해 06,07,09월의 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 판독시기를 찾을 수 없었다.

경 산(06월)	태 안(07월)	진 도(09월)
		
진 도(09월)		
		

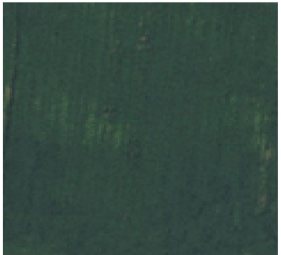
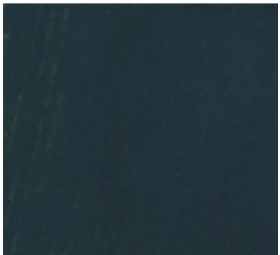
- **양배추** : 양배추는 06월에 파종하여 이듬해 4월까지 수확하는 작물로써 판독 가능성 분석을 위해 09,10월의 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 판독시기를 찾을 수 없었다.

완 주(09월)	완 주(09월)	진 도(09월)
		
장 흥(10월)		
		

- **당근** : 당근은 07월에 파종하여 12월까지 수확하는 작물로써 관독 가능성 분석을 위해 09,10,11월의 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 관독시기를 찾을 수 없었다.

익산(09월)	영광(10월)	장흥(10월)
		
장흥(10월)	보성(11월)	고흥(11월)
		

- **콩류** : 콩은 05월에 파종하여 10월까지 수확하는 작물로써 관독 가능성 분석을 위해 07,08월의 영상패턴을 분석하였으나 지역적 편차가 심하여 최적 관독시기를 찾을 수 없었다.

태안(07월)	태안(07월)	영광(08월)
		
영광(08월)	무안(08월)	
		

- 감귤 : 감귤은 과수 작물로써 04월,05월 개화하여 08월부터 수확한다. 관독 가능성 분석을 위해 개화기와 수확기에 영상패턴을 분석하였으나 타 작물과 구분할 수 있는 특정 패턴을 찾을 수 없었다.

제주(10월)	제주(11월)	
		

4) 관독 가능성 분석결과 및 관독 기준자료 작성

- 2차 관독에서는 전체 19종 대상작물에 대한 관독가능성을 분석하였고, 그 결과를 <표 3-8>에 정리하였으며 이를 토대로 대상작물에 대한 관독 기준자료를 제작하였다.

(부록 2참조)

<표 3-8> 2차 관독결과에 따른 대상작물의 관독 가능성

NO	작물명	관독여부	관독시기(월)	비고
1	쪽파	관독 가	10	보완조사 필요
2	봄감자	관독 가	05	보완조사 필요
3	김장무	관독 가	10	보완조사 필요
4	김장배추	관독 가	10	보완조사 필요
5	맥류	관독 가	01,02	보완조사 필요
6	포도	관독 가	08	보완조사 필요
7	고추	관독 가	07	보완조사 필요
8	참깨	관독 가	05	보완조사 필요
9	마늘	관독 가	01,02	보완조사 필요
10	양파	관독 가	01,02	보완조사 필요
11	감	관독 불가	-	-
12	감귤	관독 불가	-	-
13	배	관독 불가	-	-
14	사과	관독 불가	-	-
15	복숭아	관독 불가	-	-
16	대파	관독 불가	-	-
17	양배추	관독 불가	-	-
18	당근	관독 불가	-	-
19	콩류	관독 불가	-	-

다. 3차 판독

1) 3차판독 개요

- 3차 판독에서는 전체 19종의 대상작물 중 2차 판독에서 정리된 10종의 판독 가능 작물에 대한 보완 조사이다. 즉, 10종의 작물이 2차 판독에서는 판독이 가능할 것으로 판단되었지만 대상지역 이외의 지역에 대한 추가 조사를 실시하여 지역적 영상패턴의 차이에 따른 분석오류를 최소화하기 위한 판독 실험이다.

2) 3차 판독 대상지역 선정

- 대상지역 선정방법은 1차 판독과 같으며, <표 3-9>와 같이 각 작물 당 3개씩 총 33개의 조사구를 선정하였다.

<표 3-9> 3차 대상지역 개요

NO	조사구번호	소재	항공영상 촬영시기	대상작물
1	1	# 212	전라남도 장흥군 안암면 당암리	쪽파
	2	# 805	전라남도 장흥군 관산읍 삼산리	
	3	# 584	전라남도 장흥군 용산면 계산리	
2	4	# 168	충청남도 당진군 송악면 분당리	봄감자
	5	# 298	충청남도 당진군 송악면 광명리	
	6	# 773	경상북도 상주시 함창읍 금곡리	
3	7	# 067	전라남도 영암군 덕진면 노송리	김장무
	8	# 045	전라북도 고창군 대산면 성남리	
	9	# 835	전라북도 고창군 무장면 옥산리	
4	10	# 493	전라남도 나주시 왕곡면 화정리	김장배추
	11	# 858	전라북도 고창군 무장면 옥산리	
	12	# 072	전라북도 영암군 시종면 와우리	
5	13	# 242	전라남도 신안군 압해면 가룡리	맥류
	14	# 044	전라남도 신안군 압해면 단고리	
	15	# 290	전라남도 무안군 운남면 연리	
	16	# 458	전라남도 신안군 압해면 송곡리	
	17	# 006	전라남도 신안군 압해면 북룡리	
	18	# 409	전라남도 신안군 압해면 기동리	
6	19	# 462	전라남도 담양군 고서면 동운리	포도
	20	# 284	전라남도 나주시 금천면 신천리	
	21	# 499	전라남도 담양군 고서면 동운리	
7	22	# 235	충청남도 태안군 이원면 당신리	고추
	23	# 222	충청남도 태안군 원북면 황촌리	
	24	# 379	충청남도 태안군 원북면 신두리	
8	25	# 297	충청남도 서천군 한산면 나교리	참깨
	26	# 041	경상북도 칠곡군 지천면 신리	
	27	# 139	충청북도 옥천군 청성면 장수리	
9	28	# 313	전라남도 신안군 압해면 오상리	마늘
	29	# 193	전라남도 신안군 광금면 읍리	
	30	# 520	전라남도 신안군 압해면 신석리	
10	31	# 444	전라남도 무안군 청계면 상마리	양파
	32	# 555	전라남도 무안군 청계면 강정리	
	33	# 317	전라남도 장흥군 관산읍 죽교리	

3) 3차 판독 실험

- 3차 판독 실험은 전체 19종의 대상작물 중 2차 판독에서 판독이 불가능할 것으로 판단되는 9종을 제외한 나머지 10종을 대상으로 한 판독 실험이며, 2차 판독에서 제작된 판독 기준자료를 활용하였다. 판독 실험을 위해 각 대상지역에 대한 항공영상을 1차 판독 실험에서와 같은 방법으로 절취한 후, 대상작물을 판독하였다(별책 2참조).

4) 3차 판독 분석

- 10종의 대상작물을 판독한 결과는 대상 조사구를 관할하는 통계청의 지방사업소에 의뢰하여 판독작물의 정확도를 검토하였다(별책 3참조).

5) 3차 판독 결과에 따른 작물판독 가능성

- 3차 판독에서는 2차 판독에서 정의되었던 판독 가능 작물들을 지역에 따라 집중 검토하였고, 각 작물들에 대한 판독 가능성을 <표 3-10>에 정리 하였다.

<표 3-10> 3차 판독결과에 따른 대상작물의 판독 가능성

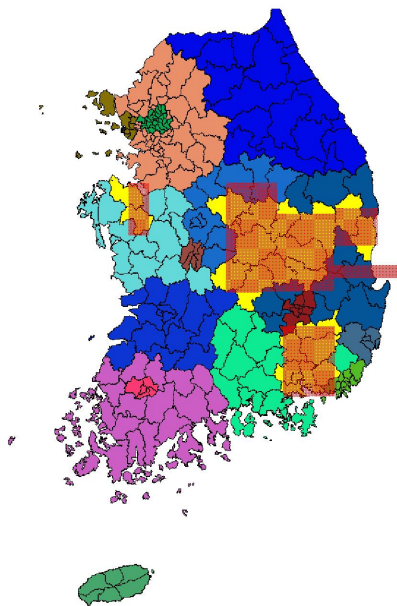
NO	작물명	판독여부	판독시기(월)	비고
1	쪽파	즉시 판독 가	10	• 현장조사 자료와 일치함
2	봄감자	즉시 판독 가	05	
6	포도	즉시 판독 가	08	
3	김장무	잠재적 판독 가	10	• 현장조사 자료와 대체로 일치함 • 작물별 유사한 패턴이 존재함 • 판독자의 일정기간 경험이 필요
4	김장배추	잠재적 판독 가	10	
5	맥류	잠재적 판독 가	01,02	
7	고추	잠재적 판독 가	07	
8	참깨	잠재적 판독 가	05	
9	마늘	잠재적 판독 가	01,02	
10	양파	잠재적 판독 가	01,02	

- 즉, 3차 판독실험의 결과 쪽파, 봄감자, 포도 등은 대상조사구의 항공영상만 있으면 즉시 판독할 수 있을 것으로 판단 되며, 나머지 김장 무와 김장배추, 고추와 참깨, 마늘과 양파 및 맥류 등은 성장패턴이 서로 유사하여 판독자의 항공영상을 활용한 일정기간의 판독경험이 필요할 것으로 판단된다.

3. CIR영상 자동분류 실험

가. CIR영상 판독 대상지역 및 판독대상작물

- 자동 영상분류 실험을 위한 CIR(Color InfraRed)영상은 식생에 대한 정보가 두드러지도록 하기 위하여 분광대역별로 획득하여 저장되는 다중분광밴드 중 Red, Green밴드의 가시영역과, 비 가시영역인 NIR(Near InfraRed) 밴드의 조합으로 생성된다. 따라서 CIR영상을 생성하기 위해서는 촬영당시 이 세 가지 밴드가 반드시 획득되어야만 한다.
- 그러나 본 연구에서는 지도제작을 목적으로 촬영된 항공영상을 작물판독실험에서 활용하는 것이기 때문에, 전국의 모든 항공영상 촬영성과에 반드시 NIR밴드가 존재하는 것이 아니다. 따라서 CIR영상 판독실험은 공간적인 제약을 받으며, <그림 3-13>은 NIR밴드가 존재하는 지역을 표시 한 것이다.



○ 촬영 지역

- 충청남도: 당진군, 예산군 일원
- 충청북도: 괴산군, 영동군 일원
- 경상북도: 구미시, 군위군, 김천시, 문경시, 상주시, 안동시, 영덕군, 영양군, 예천군, 의성군, 청도군 일원
- 경상남도: 김해시, 밀양시, 창원군, 창원시, 함안군 일원

○ 촬영 시기

- 2009년 04월~05월

<그림 3-13> NIR밴드 촬영 지역

- CIR영상의 자동 분류 실험을 위해서 작물재배면적조사의 관건인 ‘마늘’과 ‘양파’를 판독 대상작물로 정하였다. ‘마늘’과 ‘양파’는 3차에 걸친 항공RGB영상의 육안판독실험에서

작물의 성장패턴이 유사하여 즉시 판독이 어려웠던 작물쌍들 중 하나였는데, 이 두 작물을 자동분류기법으로 분류할 수 있는지 여부를 판단함으로써 즉시 판독이 어려웠던 작물들의 판독을 위한 대안으로 제시하고자 한다.

- 따라서 실험 대상지역은 CIR영상 생성이 가능한 지역들 중, ‘마늘’과 ‘양파’가 경작되는 지역으로 경남 창녕군 유어면 일원의 7개 조사구로 정하였으며, 각 조사구별 일반 현황은 다음 <표 3-11>과 같다.

<표 3-11> CIR영상 테스트 대상조사구 일반현황

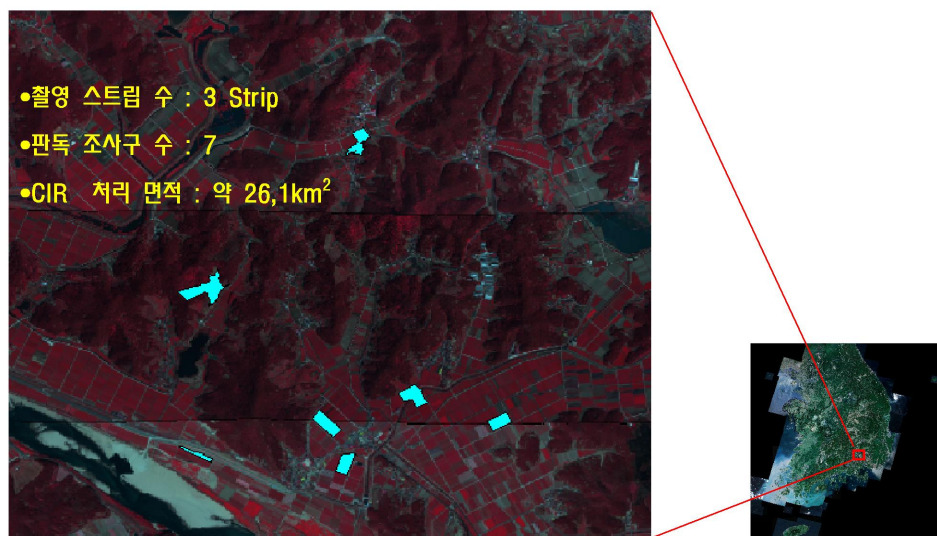
CIR영상 생성지역	대상 조사구 소재	카드번호	주요작물 점유율	
	경상남도 창녕군 유어면 부곡리	16	마늘	66%
			양파	34%
	경상남도 창녕군 유어면 미구리	35	마늘	79%
			양파	21%
	경상남도 창녕군 유어면 미구리	45	마늘	99%
			양파	1%
	경상남도 창녕군 유어면 세진리	141	마늘	26%
			양파	7%
			기타	67%
	경상남도 창녕군 유어면 선소리	307	마늘	46%
			양파	54%
	경상남도 창녕군 유어면 진창리	384	마늘	21%
			양파	25%
			기타	54%
	경상남도 창녕군 유어면 진창리	390	마늘	28%
			양파	22%
			기타	50%

나. CIR영상 생성

- CIR영상은 대상지역의 식생을 두드러지게 표현하기 위해 붉은색으로 표현한 영상으로, 본 연구에 이용되는 항공영상을 촬영한 항공디지털 카메라인 ADS80의 전용 후처리 소프트웨어인 G-Pro를 통해 생성되었다.
- 즉, CIR(Color InfraRed)영상은 다중분광형태로 기록되는 각 밴드별 영상들의 정확한 3

차원 위치정보를 획득한 후, FCC(False Color Composites)기법에 의한 색상 조합으로 G-pro의 내부 알고리즘으로 생성한다.

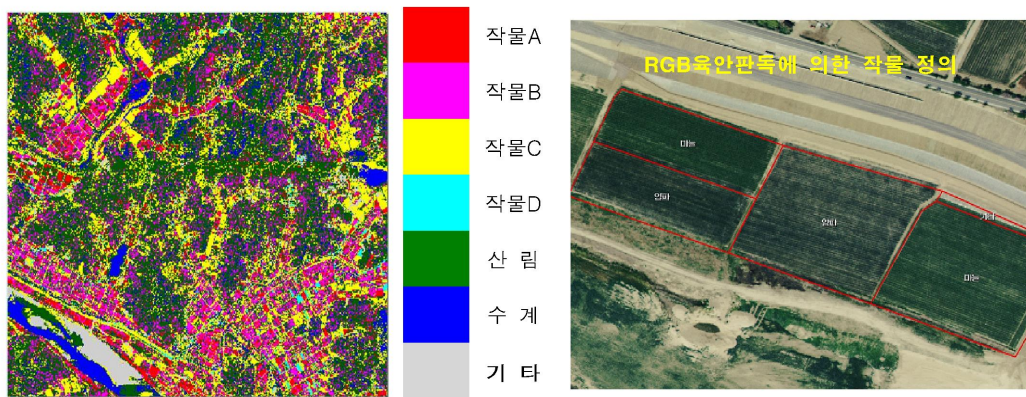
- FCC(False Color Composites)의 컬러합성 방법은 어느 밴드에 어느 색상을 부여하는가에 따라 여러 종류의 색상조합을 만들 수 있기 때문에 사용자의 작업 목적에 가장 적절한 색상조합을 찾아내는 것이 영상자료의 정확한 분석을 위해 매우 중요하며, <그림 3-14>는 본 연구를 위해 생성한 대상지역의 CIR영상이다.



<그림 3-14> CIR영상 생성

다. CIR영상 자동분류 실험

- 자동분류 실험을 위한 분류 알고리즘의 선택은 동일지역에 대한 감독분류(supervised classification)와 무감독분류(Unsupervised Classification)실험을 실시하여 좋은 결과를 보인 감독분류의 MLC기법을 적용하였다.
- <그림 3-15>에서 보는 바와 같이 작물로 판단되는 4종과 산림 및 수계등 총 7개의 영상패턴으로 구분하였으며, 분류결과에서 작물로 판단되는 영상패턴들의 작물판독을 위해 동일지역의 25cm급 RGB컬러 영상을 활용하였다(별책 4참조).



<그림 3-15> 감독분류 결과

라. CIR영상 자동분류 실험결과

- 실험결과 RGB영상의 육안판독에 의해 마늘 또는 양파로 판독된 경지에서 주로 <그림 3-15>의 “작물 A”, “작물 B”, “작물 C”의 분류패턴을 보였으며, 그 분포는 다음 <표 3-12>에서와 같이 각 조사구 별로 분류 패턴이 발생한 경지의 수로 나타내었다.

<표 3-12> CIR영상 자동분류 결과

구분 \ 조사구		#16	#35	#45	#141	#307	#384	#390	Total
작물A	마늘	-	2	9	2	2	1	4	20
	양파	-	2	1	-	-	-	1	4
작물B	마늘	6	2	3	2	-	2	5	20
	양파	4	1	-	1	3	3	2	14
작물C	마늘	1	-	2	-	-	-	-	3
	양파	2	-	4	-	2	3	2	13

- <표 3-12>에서 보는 바와 같이 분류실험 결과 “작물A”는 마늘20개 양파4개의 경지에서, “작물B”는 마늘20개 양파14개의 경지에서, “작물C”는 마늘3개 양파13개의 경지에서 각각 나타남으로써 CIR자동분류에 의해 두 작물을 구분하는 것은 사실상 어려운 것으로 판단된다. 그러나 이것은 마늘과 양파 두 작물 간 성장패턴의 유사성 때문인 것으로 판단되며, 성장패턴이 서로 다른 작물들 간에는 자동분류 실험 경험이 다년간 축적 된다면 재배면적 산출에 있어 효과적일 것으로 판단된다.

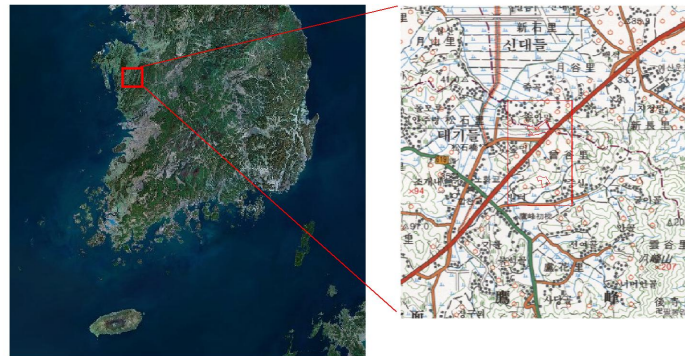
4. 다방향 경사영상 육안판독

가. 개요

- 지금까지의 판독 실험에서는 수직방향으로만 촬영된 항공영상을 이용하였는데, 높이를 가지는 작물의 측면정보를 활용한 작물판독방법에 대한 검토가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지상물체의 측면정보를 획득할 수 있는 디지털 항공카메라인 Pictometry의 신규촬영으로 대상작물의 지상측면정보를 확보하여 판독실험을 통한 다방향 경사영상의 작물판독 활용 가능성을 검토하였다.

나. 다방향 경사영상 판독대상작물 및 대상조사구 선정

- 판독 대상작물은 수직항공영상만으로 판독이 불가능 했던 과수 작물 중, 08월말로 계획된 촬영예상 시점에서 판독이 가능할 것으로 판단되는 사과와 배로 정하였다. 대상지역은 <그림 3-16>과 같이 사과와 배의 점유율이 고르게 분포하는 충남 예산군 웅봉면 송석리 및 증곡리 일원으로 정하였으며, <표 3-13>은 대상조사구의 주요 현황이다.



<그림 3-16> 다방향 경사영상 판독실험 대상지역

<표 3-13> 다방향 경사영상 판독실험을 위한 대상 조사구 현황

NO	대상작물	소재	조사구내 주요작물 점유율		
			사과	배	전체면적
1	사과	충남 예산군 웅봉면 송석리 (조사구번호: 327, 층번호: 9)	79.3%	15.3%	21,539(m ²)
			들깨	5.4%	
2	배	충남 예산군 웅봉면 증곡리 (조사구번호: 306, 층번호: 9)	배	73.7%	전체면적 12,973(m ²)
			사과	26.3%	

다. 다방향경사영상 촬영

- 일기가 좋은 날을 선정하여 <그림 3-17>과 <표 3-14>에서와 같이 총 150장의 항공
경사영상 신규촬영을 실시하였다.



〈그림 3-17〉 경사영상 촬영

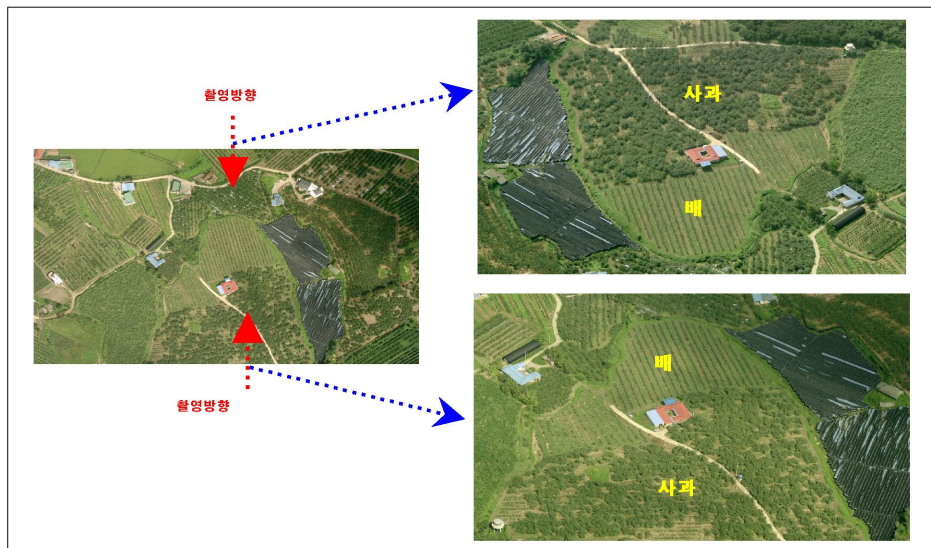
〈표 3-14〉 다방향 경사영상 촬영 현황

촬영 코스	촬영고 도(ft)	사진 매수	촬영 방향
1	2,900	7	0
2	2,900	6	180
3	2,900	34	0
4	2,900	28	180
5	2,900	28	0
6	2,900	34	180
7	2,900	6	0
8	2,900	7	180
합계		150	

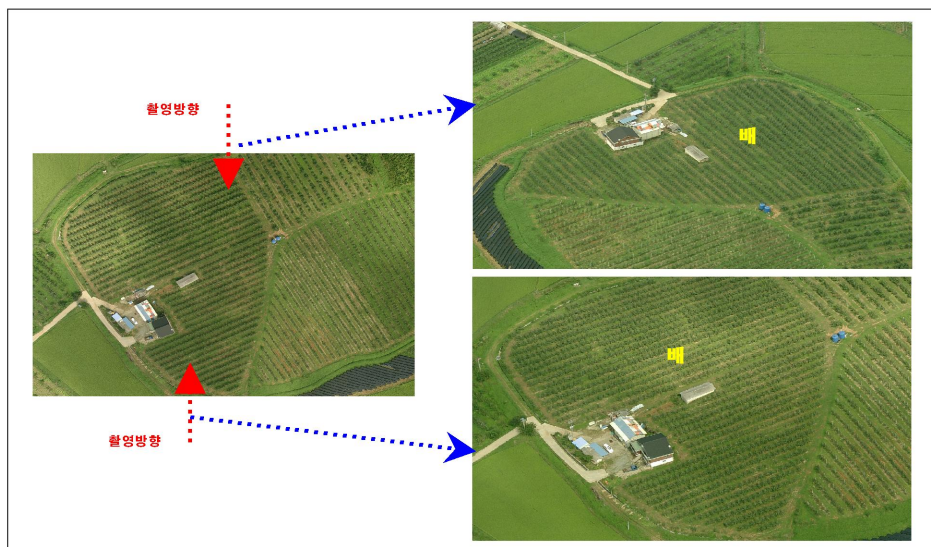
시작점		종료점	
위도	경도	위도	경도
36-39-03.7426	126-45-35.7946	36-40-25.7016	126-45-35.7946
36-40-30.4055	126-45-49.1166	36-39-18.4568	126-45-49.1166
36-38-34.5461	126-46-02.4386	36-40-53.2297	126-46-02.4385
36-41-03.7729	126-46-15.7606	36-38-45.0894	126-46-15.7606
36-38-34.5461	126-46-29.0825	36-40-53.2297	126-46-29.0825
36-41-03.7729	126-46-42.4045	36-38-45.0894	126-46-42.4045
36-39-07.9135	126-46-55.7265	36-40-19.8623	126-46-55.7265
36-40-34.5764	126-47-09.0485	36-39-12.6175	126-47-09.0485

라. 다방향 경사영상 판독

- 본 판독실험을 위한 대상지역은 촬영시기상 사과와 배의 재배지로 제한되기 때문에 두 과수작물을 구분할 수 있는지를 판단하였는데, <그림 3-18>과 <그림 3-19>에서 보는 바와 같이 대상 조사구에서 재배되는 배나무의 수령이 사과나무에 비해 현저히 작기 때문에 두 작물의 구분은 쉽게 할 수 있었다.



<그림 3-18> 응봉면 송석리 일원



<그림 3-19> 응봉면 증곡리 일원

마. 다방향경사영상판독 결과

- 실험결과 대상지에서 재배되는 배나무의 수령이 사과보다 어리기 때문에 사과나무와 배나무의 구분은 쉽게 할 수 있었으며, 소나무가 주류인 우리나라의 산림 특성상 산림과 인접한 과수의 경우 소나무와 구분되는 과수의 측면정보를 활용하면 산림과 과수에 구분은 가능할 것으로 판단된다.
- 그러나 비슷한 수령의 사과나무와 배나무를 구분하는 영상패턴은 찾을 수 없었는데, 재배면적 조사분야에서 항공 경사영상의 활용성을 검토하기 위해서는 비슷한 수령의 과수가 재배되는 대상지에 대한 경사영상 판독 실험이 필요하다.

5. 작물 재배면적 조사를 위한 최적 공간해상도 결정

가. 제약사항

- 작물재배면적 조사를 위한 최적 해상도는 가능한 다양한 해상도의 영상을 테스트를 한 후, 그 결과에 따라 정해야 하지만, 본 연구에 활용되는 기 구축 항공영상은 주로 지도 제작이 목적이기 때문에 사용할 수 있는 공간해상도는 10cm 및 25cm급 두 종류로 제한된다.
- 또한 공간해상도 10cm의 경우 2010년에 경기 권역을 촬영한 성과를 이용해야 하므로 대상지역이 경기권역으로 제한되며, 통계청의 2010년 1차 조사결과를 활용해야 한다.

나. 최적 해상도결정 실험

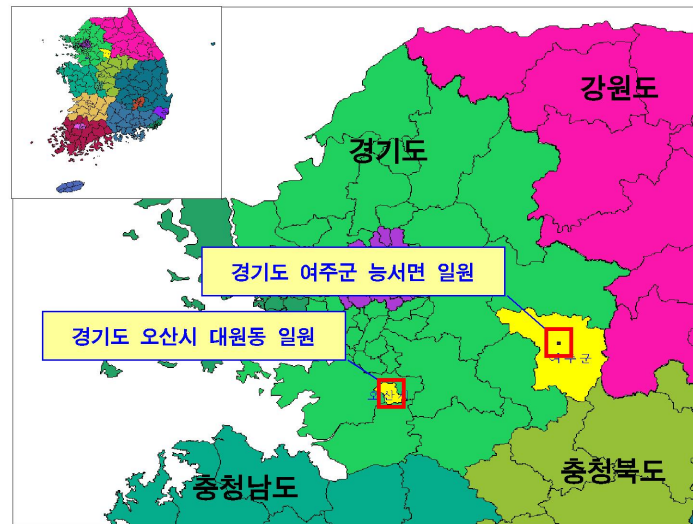
- 최적 해상도 결정을 위한 실험은 작물에 대한 판독효율성을 고려하여 결정해야 하며, 방법은 <그림 3-20>과 같다. 즉, 대상지역 선정과 대상지역의 표본 조사구들에 대한 통계청의 조사 자료를 확보 하고, 현지 조사와 동일시기에 촬영된 공간해상도 10cm급 과 25cm급 항공영상의 확보, 확보된 항공영상 상에서 해당조사구에 대한 경지별 구획, 대상작물의 공간 해상도별 육안판독, 결과 분석 순이다.



<그림 3-20> 최적해상도 결정실험 순서

1) 실험 대상작물 및 대상지역 선정

- 최적해상도 결정을 위한 관독실험의 대상작물은 항공영상 육안관독에서 주요 관심 작물이었으며, 성장패턴이 유사한 작물쌍인 마늘과 양파로 정하였다.
- 대상작물인 마늘과 양파가 재배되는 지역을 선정하기 위하여 항공영상의 촬영시기와 동일한 시기에 조사된 통계청의 2010년 제1회 조사 결과를 확보하였으며, 확보된 자료에 의해 <그림 3-21>과 같이 경기도 오산시 대원동 일원과 경기도 여주군 능서면 일원으로 정하였다.



<그림 3-21> 최적해상도 결정을 위한 테스트 지역

- 대상조사구에 대한 각 대상작물의 재배현황은 <표 3-15>과 같다. 경기도 여주군 능서면의 경우 마늘이 양파보다 우점하며, 경기도 오산시 대원동의 경우 양파가 마늘보다 우점 한다.

<표 3-15> 실험대상조사구 마늘·양파 재배 면적 현황

대상조사구	층번호	카드번호	마늘재배면적(m ²)	양파재배면적(m ²)
경기도 오산시 대원동	6	58	546	1550
경기도 여주군 능서면	7	215	1380	350

2) 항공영상 확보 및 품질 평가

- 실험을 위한 대상지역의 항공영상은 <그림 3-22>와 같이 2010년 통계청의 현지 조사 시기와 동일하게 촬영된 항공영상이며, 10cm급 항공영상은 촬영해상도와 동일하게 제작되었고, 25cm급 항공영상은 10cm급 항공영상의 해상도를 25cm로 저하시켜서 확보하였다(<그림 3-23>).

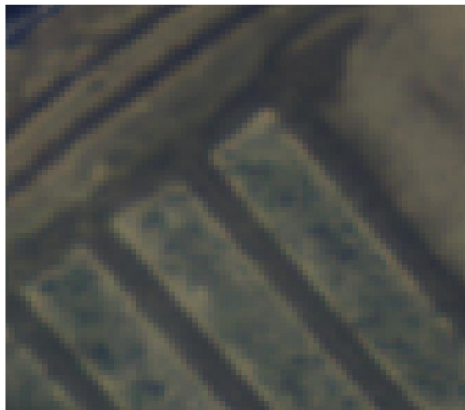


[경기도 오산시 대원동 일원(2010/03/26촬영)]

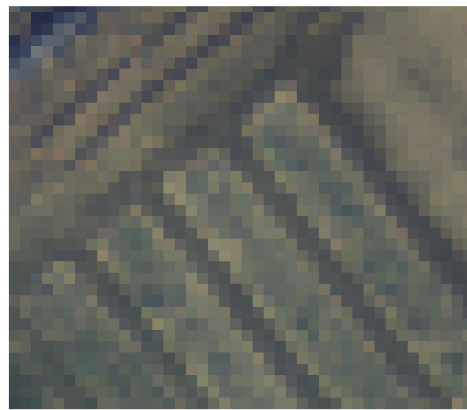


[경기도 여주군 능서면 일원(2010/05/02촬영)]

<그림 3-22> 대상지역 항공영상(GSD 10cm)



[공간해상도 10cm급 항공영상]

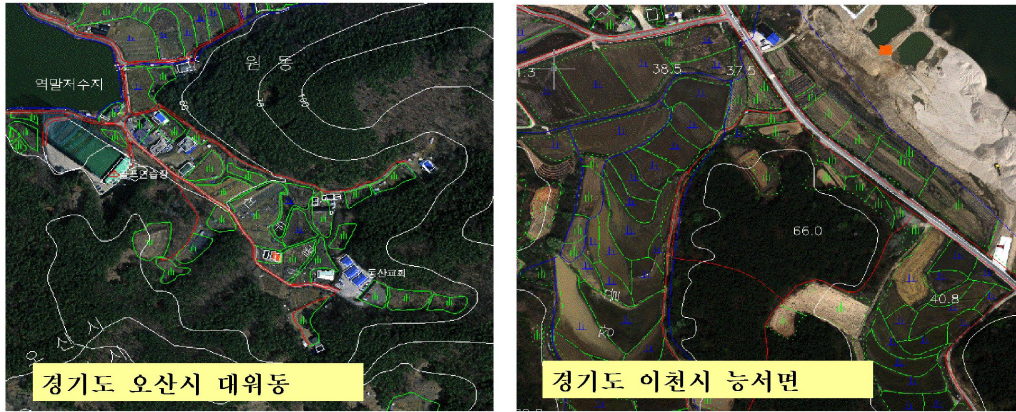


[공간해상도 25cm급 항공영상]

<그림 3-23> 10cm급/25cm공간해상도비교

- 항공영상의 품질 평가는 <그림 3-24>에서와 같이 생성된 대상지역의 정사영상과 동일 지역의 1:5,000수치 지형도를 중첩하여 주요 도로부와의 이격량을 측정함으로써 10cm급과 25cm급의 항공영상을 정량적으로 평가하였으며, 두 조사지역에서 모두 표준편차

± 1.0m 이내로 양호하였다.



<그림 3-24> 최적해상도 결정 실험을 위한 항공영상 품질 평가(10cm, 25cm급)

3) 대상조사구 구획

- 작물관독을 위해 해당 조사구에 포함된 각 재배경지를 구획하였다. 대상조사구 구획은 공간해상도 10cm급 항공영상을 이용하였으며, 사용한 S/W는 ArcGIS 9.3 이다.
- 작물이 재배되는 농경지라고 판단되는 경지는 경기도 여주군 능서면의 경우 26곳, 경기도 오산시 대원동의 경우 25곳이었으며, 구획된 각 대상지는 구획 경지 식별을 위하여 <그림 3-25>와 같이 알파벳으로 ID를 부여 하였다.



[경기도 오산시 대원동]

[경기도 여주군 능서면]

<그림 3-25> 최적 해상도 결정을 위한 대상조사구 구획

4) 대상작물 판독

- 각 대상지별로 구획된 벡터 자료는 공간해상도별 항공영상과 중첩하여 육안판독을 실시하였으며, 각 경지에서 재배되는 모든 작물의 판독은 앞서 항공영상 육안판독에서 정리된 작물별 항공영상패턴을 이용하였다.
- 또한 본 실험의 대상작물인 마늘과 양파의 구분은 성장기의 양파 잎이 동일시기의 마늘잎에 비해 짙은 녹색 톤의 색상을 보이는(생육단계별 작물도 감, 국립농산물품질관리원,2005)점에 착안하여 두 작물을 구분하였다.
- 판독 결과는 <표 3-16>에 정리 하였으며, 공간해상도 10cm와 25cm에서 모두 동일한 판독 결과를 보였다.

<표 3-16> 실험대상지 조사구내 재배작물 육안 판독(공간해상도 10cm 및 25cm)

경기도 오산시 대원동						경기도 여주군 능서면					
ID	면적(m ²)	판독	ID	면적(m ²)	판독	ID	면적(m ²)	판독	ID	면적(m ²)	판독
A	1011.8	미재배	N	415.2	미재배	A	3891.8	논벼	N	686.4	고추/참깨
B	271.0	미재배	O	1461.1	미재배	B	2316.3	논벼	O	511.3	마늘
C	708.5	미재배	P	3632.1	주택	C	433.8	고추/참깨	P	775.1	미재배
D	2108.4	미재배	Q	790.1	미재배	D	522.8	마늘	Q	1286.0	고추/참깨
E	341.0	미재배	R	316.7	미재배	E	1484.5	고추/참깨	R	458.5	고추/참깨
F	423.6	미재배	S	672.4	미재배	F	405.3	농로	S	620.0	미재배
G	711.5	주택	T	2108.8	미재배	G	785.5	미재배	T	1502.2	양파
H	6443.2	미재배	U	463.3	미재배	H	379.9	미재배	U	636.7	판독불가
I	1310.1	미재배	V	220.9	미재배	I	1799.8	도로	V	480.2	미재배
J	816.0	미재배	W	816.7	판독불가	J	941.9	판독불가	W	390.8	마늘
K	2434.3	마늘/양파	X	629.0	미재배	K	388.1	마늘/양파(주황)	X	243.4	마늘
L	1350.9	미재배	Y	1246.9	도로	L	669.7	고추/참깨	AA	50.4	고추/참깨
M	590.2	미재배	-	-	-	M	273.4	마늘	BB	128.5	마늘/양파(주황)

5) 작물판독 결과 분석

- 경기도 오산시 대원동의 경우 3월 말에 촬영된 영상으로, 계절적으로 보면 이 시기에 판독 될 수 있는 작물들은 매우 제한적이기 때문에 대부분의 경지가 미재배 경지였다.

- 본 실험의 대상작물인 마늘과 양파는 9월~10월에 파종하여 이듬해 6월~7월에 수확하는 작물들임을 고려하면, 경기도 오산시 대원동의 경우는 잎의 성장이 왕성하지 않은 시기이므로 항공영상에서는 넓은 이랑으로 보이는 두 작물의 공통적인 재배 패턴 외에는 구분 할 수 있는 다른 특징을 발견 할 수 없었다(<그림 3-26>).



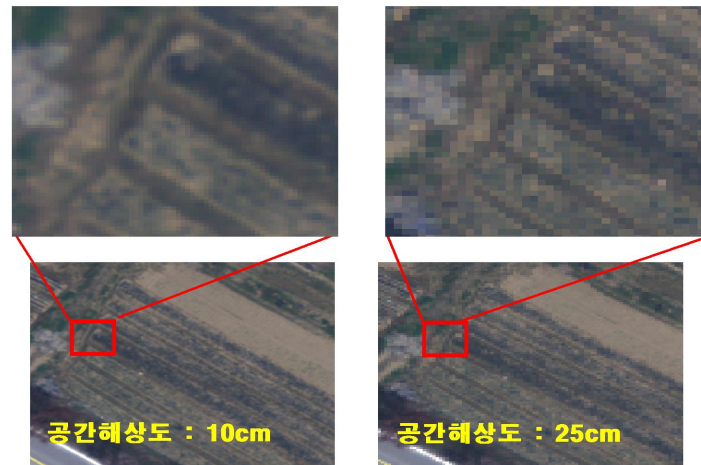
<그림 3-26> 마늘과 양파의 공통 재배 특징(오산시)

- 경기도 여주군 능서면의 경우 5월 초에 촬영된 영상으로, 계절적으로 비교적 많은 작물들이 파종되는 시기이나 대상 조사구에서는 ‘마늘’, ‘양파’, ‘고추’, ‘참깨’, ‘논벼’ 등의 작물이 판독 되었다. 주요 판독 대상 작물인 마늘과 양파의 경우, <그림 3-27>에서 보는 바와 같이 양파의 색상이 마늘보다 더 짙은 녹색 톤의 색상을 보임을 알 수 있다.



<그림 3-27> 마늘 및 양파의 판독 예(여주군)

- 기본적으로 항공영상을 활용한 작물 판독은 각 작물별 재배특성에 따라 달리 나타나는 경지의 패턴 판독이다. 따라서 <그림 3-28>과 같이 경지의 패턴을 분석하기 위해서는 항공영상을 일정량 축소해야 하는데, 축소된 상태에서 공간해상도 10cm와 25cm간의 경지패턴의 차이는 찾아볼 수 없다.



<그림 3-28> 공간해상도 별 작물 판독

6) 작물 판독을 위한 최적 해상도 결정

- 최적해상도 결정을 위한 작물판독 실험을 위해 경기도 오산시 대원동일원과 경기도 여주군 능서면 일원을 대상지역으로 정하고, 성장패턴이 유사한 마늘과 양파를 주요 판독 작물로 정하고 공간해상도 10cm급과 25cm급의 항공영상을 이용하여 판독 실험을 실시하였다.
- 작물판독 실험 결과 경기도 오산시 대원동의 경우 3월 말에 촬영한 영상을 이용하였는데, 계절적으로 3월은 판독할 수 있는 작물이 매우 제한적이다. 따라서 대상 조사구의 경지에서는 대부분이 미재배 지역으로 판독 되었고, 마늘과 양파에서 공통적으로 나타나는 패턴을 보인경지는 전체 25곳 중 1곳이었다.
- 경기도 여주군 능서면의 경우 5월에 촬영한 영상으로 잎의 성장이 왕성한 마늘과 양파의 패턴을 찾을 수 있었는데, 판독결과는 공간해상도 10cm와 25cm에서 동일한 결과를

보였다. 이것은 기본적으로 작물의 재배특성을 육안으로 식별하는 경지의 패턴을 판독하는 방법을 취하므로 공간해상도 10cm와 25cm에서 모두 동일한 재배 특성을 보였기 때문이다.

- 따라서 실험 결과 10cm의 공간해상도가 25cm에서 보다 더욱 세밀한 판독이 가능하겠지만, 항공영상을 활용한 재배면적 산출방법이 경지의 패턴을 육안으로 판독하는 방법을 취한다면 작물판독의 효율적인 측면에서 최적의 공간해상도는 25cm급 항공영상이 적절 할 것으로 판단된다.

6. 실험 결과

가. 항공영상 육안판독에 의한 19종 작물의 판독 가능성

- 주요 19종 작물들의 판독 가능성을 분석하기 위하여 항공RGB컬러 영상을 활용한 3차에 걸친 육안판독 실험을 실시하였다. 판독실험결과 19종 작물들은 ‘즉시판독가능작물’, ‘잠재적판독가능작물’, ‘판독불가능작물’로 구분되었으며 다음과 같이 정리된다.

1) 즉시판독가능작물

- 즉시 판독 가능 작물은 항공영상의 패턴이 동일 시기의 다른 작물과 구별되어 즉시 판독 할 수 있는 작물들을 말하며, 쪽파, 포도, 봄 감자 등이 대표적인 즉시 판독 가능 작물으로써 주요특징은 다음과 같다.

▪ 쪽파

최적 판독 시기는 10월이다. 03월부터 11월까지 약9개월 동안 재배되는 작물이며 10월은 쪽파의 수확기에 접어든 시기이다. 따라서 이 시기의 쪽파는 가늘고 긴 잎이 무성하게 자라며 항공영상에 넓은 녹색 띠로 나타난다. 또한 동일시기의 김장 무, 김장배추, 마늘/양파, 양배추 등의 영상패턴과 구분된다.

▪ 포도

최적 판독 시기는 08월이다. 덩굴성 작물로 성장기간은 약5개월로써 일반적으로 포도의 품질향상을 위해 성장기에 폭이 좁은 비닐을 씌워서 재배하는 것이 특징인데, 항공영상에는 일반적인 비닐하우스보다 좁은 백광 색의 긴 줄무늬로 나타난다.

▪ 봄 감자

최적 판독 시기는 05월이다. 총 재배 기간 약5개월 중 파종 후 약 3개월이 지난 시기으로써 작물의 성장이 왕성한 시기이다. 이 시기의 감자에 대한 항공영상 패턴은 좁은 이랑에 일렬로 심어진 감자 잎들이 보이는 녹색 줄무늬이다. 또한 동일시기의 다른 주요작물의 영상패턴과 차이를 보인다.

2) 잠재적판독가능작물

- 잠재적 판독 가능 작물은 2종이상의 작물성장패턴이 서로 유사하여 항공영상에서 즉시 판독이 어렵고 서로 비슷한 패턴을 보이는 작물들을 구분하기 위해서는 판독자의 일정 시간동안의 판독경험이 필요한 작물들을 말하는데, <표 3-17>과 같다.

<표 3-17> 잠재적 판독 가능 작물

작물	재배기간	최적판독시기	비고
고추	4월~10월	07월	유사패턴
참깨	5월~9월	06월	
마늘	9월~ (이듬해)11월	01, 02월	유사패턴
양파	9월~ (이듬해)11월	01, 02월	
맥류	11월~ (이듬해)6월	01, 02월	
김장 무	7월~11월	10월	유사패턴
김장 배추	7월~11월	10월	

▪ 고추

최적 판독 시기는 07월이며, 동일시기의 다른 작물 중 참깨의 패턴과 유사하다. 이 시기의 고추는 성장이 왕성하지 않은 것으로 판단되며 특히, 고추과종을 위해 씌워진 검정 비닐 멀칭이 항공영상에 검정색 띠로 나타나는 것이 영상의 주된 특징이다. 비슷한 시기의 대파, 쪽파, 양배추 등 동일 시기의 다른 주요작물들과는 영상패턴에서 차이를 보였으나, 참깨의 영상패턴과는 유사한 양상을 보였다.

▪ 참깨

최적 판독 시기는 06월이며 동일시기에 재배되는 작물인 고추의 패턴과 유사하다. 참깨는 파종 시에 검정색 비닐에 의한 멀칭을 하며, 항공사진 상에는 검

정색 줄무늬로 나타나는 것이 주요 특징이다. 동일시기의 다른 주요작물인 대파, 콩, 쪽파 등과는 서로 다른 영상패턴을 보였다.

▪ 김장 무

최적 관독 시기는 10월이며, 동일시기에 재배되는 작물인 김장 배추와 유사하다. 김장 무는 총 재배 기간 5개월 중 10월은 성장이 대부분 완료되고 수확기에 접어든 시기이다. 수확기에 접어든 잎은 성장이 왕성하고 이랑과 이랑 사이의 구분이 명확하지 않으며 전반적으로 진한 녹색 바탕에 희미하게 이랑 사이를 구분 할 수 있는 엽선형이 일반적인 항공영상 특징이다. 또한 동일시기 다른 주요작물의 영상패턴과 다른 패턴을 보인다.

▪ 김장 배추

최적 관독 시기는 10월이며 동일시기의 김장 무와 성장패턴이 유사하다. 김장 배추는 총 재배 기간 5개월 중 10월은 성장이 대부분 완료되고 수확기에 접어든 시기이다. 수확기에 접어든 배추는 동일 시기의 ‘김장 무’의 항공 영상 패턴과 비슷하나, 이 시기의 김장배추에서는 이랑과 이랑 사이의 경계가 ‘김장 무’보다 비교적 선명하게 구분되는 것이 항공영상 특징이다. 또한 동일 시기의 다른 주요 작물의 영상패턴과도 구분된다.

▪ 마늘

최적 관독 시기는 01월과 02월이며, 동일시기에 재배되는 양파와 성장패턴이 매우 유사하다. 01월과 02월은 마늘의 전체 성장 기간 중 파종 후 약 절반 정도 지난시기이나, 이 시기의 마늘의 성장은 왕성하지 않다. 따라서 마늘 파종 시 폭이 넓은 이랑에 썩워지는 비닐 멀칭이 항공영상에 밝은 색 띠로 길게 나타난다.

▪ 양파

최적 관독 시기는 마늘과 같이 01월과 02월이며, 마늘의 성장패턴과 유사하다. 이 시기에 양파의 성장은 왕성하지 않기 때문에, 양파 파종 시 폭이 넓은 이랑에 썩워지는 비닐 멀칭이 항공영상에 밝은 색 띠로 길게 나타난다.

▪ 맥류

최적 판독 시기는 마늘과 같이 01월과 02월인데, 맥류의 경우 겉보리, 맥주보리, 쌀보리 등으로 나뉜다. 따라서 동일시기에 나타날 수 있는 양파와 마늘의 영상패턴을 제외한 나머지 작물의 패턴을 맥류로 분류할 수 있으나, 세 종류로 나뉘는 맥류의 패턴들을 인지하기 위한 기간이 필요하다.

3) 판독불가능작물

- 판독 불가능 작물은 <표 3-18>에서 보는 바와 같이 일부 채소 작물과 과수작물이며 판독 실험 중, 일정한 패턴을 찾아볼 수 없었다.

<표 3-18> 판독 불가능 작물

작물	재배기간	기준자료조사 재배시기	최적판독시기	최적판독시기 판단근거
과수 (감, 감귤, 배, 사과, 복숭아)	개화기(04,05월)~수확기(08,09,10월)	휴경기, 개화기, 수확기	없음	과수로서의 일반적인 영상패턴은 보이나, 시기별/지역별 영상패턴 차이가 심함
채소 (대파, 양배추, 당근, 콩)	작물에 따라 다름	성장기, 수확기	없음	영상패턴의 시기별/지역별 차이가 심함

나. CIR(Color InfraRed)영상 자동분류 실험

- NIR밴드에 의한 비가시영역상에서의 작물판독 실험을 위하여 작물재배면적조사의 관건인 마늘과 양파가 재배되는 경남 창녕군 유어면 일원의 7개 조사구에 대한 CIR영상을 생성하였으며, 감독분류(Supervised Classification)의 MLC기법을 적용하여 마늘과 양파를 구분하기 위한 자동분류 실험을 실시하였다.
- 실험결과 총 7개의 영상패턴 중 작물로 판단되는 영상패턴은 3가지였으며, 3가지의 영상패턴에서 마늘과 양파가 혼재하는 양상을 보임으로써 CIR영상을 활용한 자동분류로는 두 작물을 구분할 없을 것으로 판단된다. 그러나 이는 마늘과 양파의 성장패턴이 서

로 유사하기 때문인 것으로 판단되며, 성장패턴이 서로 다른 작물들 간에 자동분류 실험 경험이 다년간 축적 된다면 재배면적 산출에 있어 효과적일 것으로 판단된다.

다. 다 방향 경사영상에 의한 육안판독 실험

- 지상물체의 측면정보를 획득할 수 있는 다 방향 항공 디지털카메라인 Pictometry를 활용하여 작물의 측면정보를 활용한 판독 방법을 검토하였다. 즉, 수직항공영상을 활용한 육안판독에서 판독이 불가능 했던 사과와 배가 재배되는 충남 예산군 응봉면 일원의 경사영상을 신규로 획득한 후, 판독실험을 실시함으로써 재배면적조사 분야에서 항공 경사영상의 활용 가능성을 검토하였다.
- 실험결과 대상지에서 재배되는 배나무의 수령이 사과보다 어리기 때문에 사과나무와 배나무의 구분은 쉽게 할 수 있었으며, 소나무가 주류인 우리나라의 산림 특성상 산림과 인접한 과수의 경우 소나무와 구분되는 과수의 측면정보를 활용하면 산림과 과수에 구분은 가능할 것으로 판단된다.
- 그러나 비슷한 수령의 사과나무와 배나무를 구분하는 영상패턴은 찾을 수 없었는데, 재배면적 조사분야에서 항공 경사영상의 활용성을 검토하기 위해서는 비슷한 수령의 과수가 재배되는 대상지에 대한 경사영상 판독 실험이 필요하다.

라. 항공영상 활용 원격조사를 위한 최적 공간해상도 결정

- 농업통계생산에 활용될 항공영상의 최적 공간해상도를 결정하는 것은 효과적인 업무활동과 올바른 예산집행을 위해 매우 중요한 일이다. 이를 위해 본 연구에서는 일반적인 지도제작을 위한 공간해상도인 10cm와 25cm급의 항공영상을 활용한 작물판독 실험으로 두 영상 간 작물판독 효율성을 분석하였다.
- 실험결과 10cm의 공간해상도가 25cm에서 보다 더욱 세밀한 판독이 가능하겠지만, 항공영상을 활용한 재배면적 산출방법이 경지의 패턴을 육안으로 판독하는 방법을 취한다면 작물판독의 효율적인 측면에서 최적의 공간해상도는 두 개의 영상 중 25cm급 항공영상이 적절 할 것으로 판단된다.

마. 종합정리

- 주요19종의 재배면적 조사 작물 중 ‘즉시판독가능작물’과 ‘잠재적판독가능작물’들은 일정 기간의 판독 경험의 축적된다면, 항공영상에 의한 판독이 가능할 것으로 판단된다.
- 또한 본 연구의 대상작물에는 포함되어 있지 않지만 항공영상에서 판독이 가능한 논벼를 ‘즉시판독가능작물’에 포함한다면, 전체 재배면적 조사 대상인 102종의 작물 중 항공영상으로 판독이 가능한 작물의 비율은 약 56%에 해당한다. 즉, 현행 농업재배면적 조사를 위한 현장조사 면적의 양을 약 56% 줄일 수 있다는 것을 의미한다.
- 판독 불가능 작물에 대한 지속적인 판독연구를 수행하여 현장조사비용을 점진적으로 축소해 나갈 필요가 있다. 즉, 본 연구의 판독실험 초기에 일정한 패턴을 찾지 못하여 판독이 불가능할 것으로 판단했던 작물들은 다음단계의 판독 실험에서 제외되었는데, 판독 불가능 작물들에 대한 지역적 패턴 등을 고려한 지속적인 연구를 수행하여 현장조사비용을 줄여나갈 필요가 있다.
- 특히, 일반 항공영상만으로는 판독이 불가능했던 과수작물들이 경사영상 판독실험을 통해 사과와 배로 제한된 환경 하에서는 판독이 가능한 것으로 조사 되었다. 따라서 경사영상을 활용한 과수작물의 판독실험을 점진적으로 수행하여 과수작물의 판독 가능성을 검토해 볼 필요가 있다. 또한 본 연구의 CIR판독실험에서는 성장패턴이 유사하고 주요 관심 작물이었던 마늘과 양파를 구분할 수는 없었지만, 성장패턴이 육안으로 구분되는 작물들에 대해서 CIR영상판독의 방법론 확보를 위한 지속적인 연구가 필요하다.
- 마지막으로 항공영상을 활용한 통계생산 업무의 효율성과 올바른 예산집행을 위해 본 연구에서는 농업 통계 조사를 위한 항공영상의 최적 공간해상도를 제시 하였다. 이는 정확하게 작물의 종류를 판단하기 위해 항공영상의 공간해상도를 무한히 확대 할 수는 없으므로, 본 연구에서와 같이 항공영상에 나타나는 각 작물의 성장 패턴을 육안으로 판독하는 방법에서는 본 연구의 결과로 제시된 25cm급의 공간해상도가 적절한 것으로 판단된다.

제 4 장 항공영상 활용을 위한 중장기 계획수립

□ 항공영상 활용을 위한 중장기 계획 수립 개요

▷ 항공영상 활용 계획

-원격탐사 활용 중장기계획(2009)을 토대로 항공영상 활용계획 수립

- 통계청에서 수립한 원격탐사 활용 중장기 계획(2009)을 분석하고, 각 세부추진 항목과 본 연구용역의 결과를 토대로 항공영상 활용을 위한 중장기 계획을 수립.
- 항공영상의 활용 계획은 크게 원격탐사 활용체계 구축을 위한 영상기반 표본 설계 부문, 경지면적조사 및 작물관독 등의 분야에서 실질적인 원격탐사 활용 부문, 원격탐사 기법의 도입에 따라 향상될 현장조사 부문에 대한 계획을 수립.

▷ 항공영상 수급 계획

-직접 수급 방안과 간접 수급 방안으로 구분하여 수급 계획 수립

- 통계청의 필요에 의해 통계청이 필요한 지역의 항공영상을 직접 수급하는 직접 수급 방안과, 타 기관에 의해 이미 구축되거나 앞으로 구축될 자료를 활용하는 간접 수급 방안으로 구분하여 수급 계획을 수립.

▷ 전국단위 조사를 위한 소요예산 산출

-공간해상도 10cm와 25cm급에 대한 소요비용 및 인력산출

- 전국단위 조사에 대비한 공간해상도 10cm급과 25cm급의 항공영상을 생산하는데 소요되는 비용과 인력을 건설기술 표준품셈에 따라 산출

1. 항공영상 활용 중장기 계획 수립

가. 통계청의 「원격탐사 기법 활용을 위한 중장기계획」(2009)

1) 수립배경

□ 주요선진국들의 원격탐사에 의한 농업통계생산 기술의 선진화

- 미국·EU·중국 등과 같은 해외 주요국의 경우 이미 수십 년 전부터 인공위성 및 고 해상 항공영상을 이용한 원격탐사 기법을 농업통계분야에 접목하기 위한 연구를 수행하였고 최근에는 실용화에 접어들고 있다.
- 미국의 경우 1978년부터 Iowa주에 대해 Landsat영상을 이용한 재배면적조사를 실시하여 원격조사 기법을 적용하기 시작하였으며, 현재에는 자체 원격탐사 응용 시스템을 개발하여 밀 생산량 예측 및 오렌지나무 개수 판독 사업 등의 실용화단계에 접어들고 있다.
- EU의 경우는 1988년 MARS(Monitoring of Agriculture with Remote Sensing)프로젝트를 시작으로 유럽전역에 대한 위성영상기반 표본조사체계를 구축하였고, 40km×40km 단위의 60개의 영상표본으로 8개 작물의 재배면적조사를 실시하고 있으며, 다년간의 위성영상 DB를 기반으로 35개의 유럽 주요국의 11가지 작물에 대한 생산량을 예측하고 있다.
- 중국의 경우 국가 통계국 주도로 2003년부터 작물 재배면적을 위한 원격탐사기술을 연구하기 시작하였다. 특히 위성영상 중심의 표본조사체계를 구축하였는데, 3S(RS, GIS, GPS)기반의 현장조사체계를 구축함으로써 현장조사를 최소화 하였다. 이를 바탕으로 중국은 북경시에 대한 3개 작물의 통계를 생산함으로써 실용화단계에 들어섰으며 원격탐사를 활용한 생산량 추정도 상당량 진전된 상태이다.

□ 주요 기관의 원격탐사기법 활용 확대

- 환경부는 토지피복도 사업(Land Cover Map)을 통해 환경상태와 국토개발 현황 등을 모니터링 하여 주요 환경 정책의 과학적 근거로 사용하기 시작하였다. 또한 아리랑2호 위성을 활용한 중분류 토지피복도를 제작하였으며, 2010년 현재 항공영상(GSD 40cm)을 활용하여 기존 중분류 보다 정밀한 세분류 토지피복지도 사업을 추진하고 있다.
- 또한 농촌진흥청은 농경지 지도 사업을 통해 고해상도 위성영상인 QuickBird (GSD 60cm)를 이용한 전자지도를 제작하여 필지단위의 토지이용도를 제작하였다.

□ 현행 농업통계 생산기법 개선에 의한 효율성 증대 필요

- 우리나라의 면적 통계는 1974년부터 시작된 현장조사를 통한 표본조사에 의해 경지면적과 작물재배면적통계를 생산하고 있기 때문에, 노동집약적인 작업방식에 따른 고 비용성과 비효율성의 과제를 안고 있으므로 주요국의 통계 생산방식에 비해 상당부분 뒤쳐져있는 실정이다.
- 또한 현장조사요원은 재배면적 조사를 위해 2ha단위의 지적도 기반 표본 조사구 요도를 이용하는데, 이는 실제 현장에서 대상작물이 재배되는 경지의 형상을 반영하지 못하므로 작물의 면적측정이 목측 및 보측으로 수행됨에 따라 면적 측정에 대한 비표본오차(非標本誤差)가 발생하여 경지면적 및 작물재배면적통계 생산 방법의 과학화를 통한 선진화가 절실한 실정이다.

□ 인공위성 및 항공영상 획득 기술의 획기적인 발전

- 1999년 아리랑1호를 시작으로 2006년에는 고해상도 카메라가 탑재된 아리랑 2호가 발사되었고, 2007년에는 수 cm급의 초 고해상도 영상을 취득할 수 있는 디지털 카메라가 도입되기 시작하여 현재까지 총 10여대의 디지털 항공카메라가 국내에서 운용되고 있다.
- 따라서 우리나라는 최대 공간해상도 1m급의 위성영상과 수cm급의 항공영상을 수시로 확보함에 따라 농업통계분야에서의 원격탐사활용을 위한 기초영상 수급이 가능하게 되

었다.

□ 농업통계분야에 원격탐사기법 도입을 위한 기반연구 수행

- 통계청은 농업통계분야에 원격탐사 기법을 도입하기 위하여 2008년부터 다음 <표 4-1>과 같이 기반 연구를 수행 하여 원격탐사 기법의 실용화를 위한 연구 성과를 축적하였다.

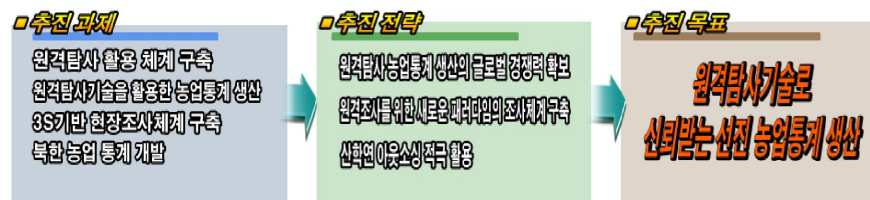
<표 4-1> 원격탐사기법 도입을 위한 연구 성과

No	연구내용	시기
1	1차 해외 사례 조사	2008.07
2	원격탐사 방법론 개발 및 3개 시·군 시험조사	2008.12
3	2차 해외 사례 조사	2009.08
4	『원격탐사 응용시스템 구축을 위한 ISP』 수립	2009.11
5	5개 시·군 시험조사	2009.12

2) 통계청 중장기 계획의 추진 전략 및 과제

□ 추진 과제

- 통계청의 중장기계획 추진과제는, 기존 농업 통계 조사방식을 원격탐사 방식으로 전환하기 위해 원격탐사 중심의 활용체계를 구축하며, 원격탐사 기법을 활용한 경지면적 조사 및 농작물 재배면적 조사, 3S(RS, GIS, GPS)기반의 현장조사체계를 구축, 남북한 농업협력 및 향후 통일 농업정책 추진을 대비한 북한 농업 통계 개발 등이다(<그림 4-1>).



<그림 4-1> 통계청 중장기계획의 추진전략 및 목표

□ 추진 전략 및 목표

- 당면한 추진 과제를 실현하기 위하여 산학연 아웃소싱을 적극 활용하여 농업통계생산의 글로벌 경쟁력을 확보하고 새로운 패러다임의 조사체계를 구축하여 신뢰받는 선진 농업통계 생산체계를 구축하는 것이 목표이다(<그림 4-1>).

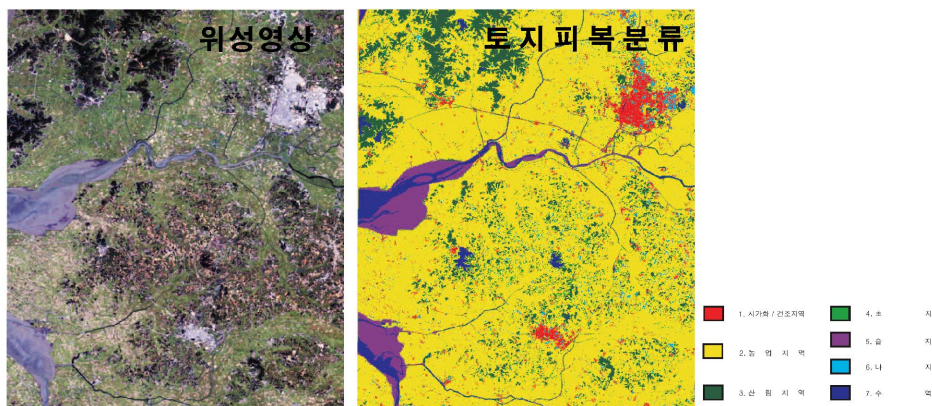
3) 통계청의 중장기 계획 추진 과제별 세부 계획

□ 원격탐사 활용 체계 구축

- 농업 통계분야에 원격탐사를 활용하기 위해서는 위성 또는 항공영상을 활용 할 수 있는 기반환경을 조성해야 한다. 즉 원격조사를 위한 표본조사 방법론을 우선 개발하고, 원격탐사 기법을 보다 효율적으로 활용할 수 있는 응용 시스템을 구축해야 한다.

－원격조사를 위한 표본조사 방법론 개발계획

- 현행 지적도를 활용한 필지기반 표본은 실제의 현장 작물 재배 특성과 일치하지 않기 때문에 영상표본조사에 부적합하다. 따라서 원격탐사기법을 적용하기 위해서는 위성영상 또는 항공영상 기반의 표본설계가 반드시 필요하다.
- 이에 통계청에서는 2010년 현재 영상기반 표본을 격자단위로 추출하는 연구 사업을 추진 중에 있으며, 이때 표본설계에 활용되는 모집단은 <그림 4-2>에서와 같이 2007년 완성된 『환경부 토지피복지도』의 레이어들 중에서 농업지역이다.



<그림 4-2> 환경부 토지피복지도(영상기반 표본추출 모집단)

－원격탐사 응용 시스템 구축

- 농업통계의 생산방법이 기존 현장조사 위주의 방식에서 원격조사 방식으로 전환됨에 따라 원격조사 업무에 적합한 시스템 구축이 우선 과제이다. 이에 따라 통계청에서는 2009년에 수립한 『시스템 구축에 대한 정보화전략(Information Strategy Planning)』

에서 원격탐사기술 활용을 위한 기반 시스템 구축을 위한 계획을 체계적으로 수립 하였다.

- 시스템의 핵심기능은 농업통계생산을 위한 원격조사 지원, 영상 DB관리, 판독 정확도 검증 시스템으로 크게 3가지 부문으로 구성된다.



<그림 4-3> 원격탐사 기반시스템 구축

- 원격조사 지원시스템 부문에서는 영상입수에서부터 영상보정, 영상병합, 영상판독, 통계 생산에 이르는 업무 전 과정의 지원 및 결과물을 관리하고 영상DB 관리 시스템 부문에서는 항공영상, 위성영상, GIS데이터의 입·출력, 검색 등의 인벤토리 서비스를 제고 하며, 판독 정확도 검증 시스템 부문은 본청의 영상 판독결과 검증 및 지방청의 현장검 증을 지원한다(<그림 4-3>).

- 따라서 2010년까지 경지면적조사, 벼 재배면적조사를 중심으로 기초 원격탐사 시스템을 구축하는 것을 우선목표로 정하고, 향후 조사 작물의 품목 확대 및 생산량조사 등의 기 능 추가를 고려한 확장성을 확보하는 것을 목표로 한다.

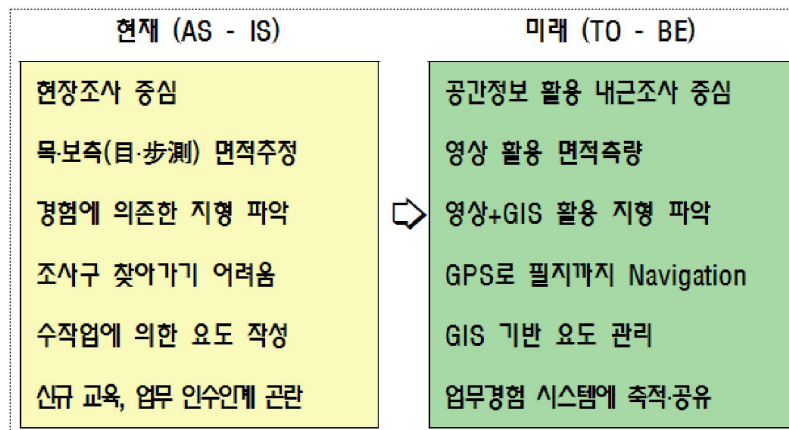
□ 원격탐사기술을 활용한 농업통계 생산계획

- 농업통계 생산은 크게 경지면적 조사와 농작물 재배면적 조사, 생산량 추정 등의 세 가 지 항목으로 구분할 수 있으며 각 항목별 원격탐사기술의 활용 계획은 다음과 같다.

- 먼저 매년 실시하는 경지면적 조사는 현장방문에 의존한 목측조사를 위성영상 판독에 의한 원격조사 방법으로 대체하는 것이다. 이때 활용되는 위성영상은 2006년 발사에 성공한 공간해상도 1m급의 아리랑2호 위성영상이다. 또한 위성영상과 행정자료를 적극 활용하여 지속적인 경지 변화지역 탐지를 통해 누락지역을 근본적으로 차단하고 2010년 도 단위 시범조사와 2011년 전국 조사를 통해 2012년 실용화를 목표로 추진 중에 있다.
- 농작물 재배면적조사부문에 대한 원격탐사기술의 활용계획은 현재 원격탐사 기술수준으로 판독이 가능한 논벼의 재배면적을 2012년까지 실용화 하는 것을 우선목표로 정하고, 수cm 수준의 초 고해상도 항공영상을 활용한 작물재배면적 판독가능성을 분석하여 밭작물에 대한 재배면적을 원격조사기법으로 대체하는 비율을 점진적으로 확대하여 현장조사의 비중을 지속적으로 축소해 나갈 계획이다.
- 또한 생산량 추정은 작물 모형과 반사 스펙트럼의 차이로 해당 작물의 수량을 추정하는 고도의 원격탐사 기술의 축적이 필요한 부문이다. 또한 원격조사 뿐 아니라 기상자료와 과거의 현장조사 자료 등을 이용한 모형구축이 필요하므로 장기적인 안목으로 준비해야 할 필요가 있다. 따라서 벼 예상량 조사의 대체를 1차 목표로 하여 작물 생육모형 개발, 판독 노하우등과 같은 관련 데이터의 지속적인 축적과 함께 농촌진흥청과 같은 선도 기관과의 유기적인 협력관계를 구축하고 국내외 선진사례의 벤치마킹을 통해 실용화를 위한 실행 계획을 수립하였다.

□ 3S기반 현장조사체계 구축계획

- 현장조사요원의 인력과 숙련도에 의존하는 현재의 농업통계 현장 조사 방식은 기술과 객관성을 접목한 과학적인 방법으로서의 대전환이 필요한 시점이다. 이를 위해 통계청은 원격조사(Remote Sensing, RS), 지리정보체계(Geographic Information System, GIS), 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS)등의 3S융합체제로 현장조사를 지원하여 조사비용 및 업무 부담을 최소화함으로써 조사하기 쉽고, 정확한 농업통계를 구현하는 계획을 수립하였다.



<그림 4-4> 3S기반 농업통계의 현재와 미래

- 3S기반 현장조사 체계 구축을 통한 농업통계 조사는 <그림 4-4>에서 보는 바와 같이 현장조사 중심의 조사방식이 공간정보를 활용한 내근조사 중심으로 전환되며, 목측 또는 보측의 방법으로 추정되던 면적측정 방식이 영상 활용을 통한 면적측량으로 전환되어 면적측정의 정확도를 확보 할 수 있다. 또한 경험에 의존하여 지형을 파악하고 해당 조사구를 찾아가서 수작업을 통한 요도작성 방식을 영상과 지리정보시스템(GIS)를 통해 지형을 파악하고 네비게이션 시스템으로 해당조사구를 찾아가서 GIS기반의 요도를 관리함으로써 과학적이고 객관적인 방식으로 전환될 것이다.
- 따라서 공간정보 DB기반의 농업통계 조사시스템의 구축이 필요하며, 해당 시스템을 현장에서 사용하기 위한 GPS장착 UMPC(Ultra Mobile PC)를 보급·활용하여 선진화된 현장조사 시스템을 구축할 계획이다.

나. 원격탐사 활용계획에 따른 항공영상 활용 방안

1) 항공영상 활용 개요

- 농업통계 조사에서 원격조사 방법을 도입함에 따라 고 해상 항공영상을 활용할 수 있는 부문은 다음 <표 4-2>와 같이 원격조사체계 구축 분야, 경지면적 조사 분야, 농작물 재배면적 조사 분야, GIS기반 요도관리 시스템 구축 분야이다.

<표 4-2> 원격조사를 위한 항공영상 활용

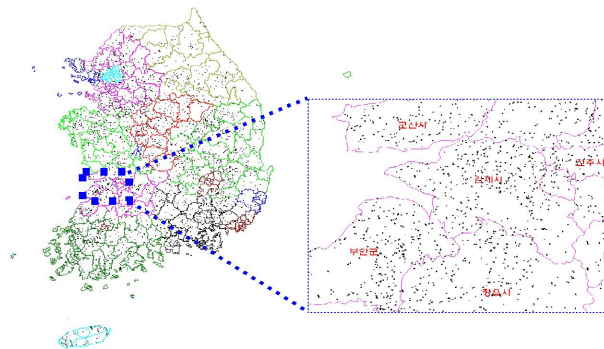
활용 분야	활용 방법
☐ 영상기반 표본설계	-표본 설계를 위한 기초자료
☐ 경지면적 조사	-위성영상 미확보 지역에 대한 보조 영상으로 활용
☐ 농작물 재배면적 조사	-작물관독을 위한 원격조사자료
☐ GIS기반 요도관리 시스템	-경지 구획 및 현장조사자료

- 각 분야별 항공영상 활용 개요는 다음과 같다.
 - 원격조사체계 구축 분야에서는 표본설계를 위한 기초자료로 고 해상 항공 영상을 활용
 - 경지면적 조사 분야에서는 원하는 시기의 영상을 모두 확보 할 수 없는 KOMPSAT-2영상의 대체영상으로 활용
 - 농작물 재배면적 조사 분야에서는 관독이 가능한 작물에 대한 영상관독의 기초 자료로 활용
 - GIS기반 요도관리 시스템에서는 경지 구획 및 현장조사를 위한 기초 자료로 활용

2) 각 분야 별 세부 활용계획

(가) 영상기반 표본설계

- 현행 약 2ha단위의 지적도 필지 기반 표본은 과거 60년대부터 시작된 현장 표본조사를 위해 설계된 조사구들이다. 그러나 이는 원격조사를 위해 필요한 영상을 획득하는 측면에서 보면 매우 비효율적인 조사구 배치이다(<그림 4-5>).



<그림 4-5> 현행 필지 기반 표본 조사구

- 따라서 안정적인 원격조사 방법의 도입을 위해서는 위성 또는 항공영상기반의 표본설계가 필요하다. 영상기반 표본은 경지를 영상촬영 격자로 나누어 표본을 추출하는 것인데, 표본설계를 위한 모집단은 2007년 완성된 『환경부 토지피복지도』 중에서 농업지역만 추출하여 활용한다(<그림 4-6>).



<그림 4-6> 영상기반 표본설계

- 영상기반 표본 설계는 우리나라의 농업 면적 중 절반 이상을 차지하는 논벼와 나머지

밭작물을 조사하기 위해 사용되는 영상들을 모두 고려해야 한다. 논벼의 경우는 이미 KOMPSAT-2위성영상을 이용한 원격조사의 방법론이 정해졌고 다수의 작물이 소규모로 분포하는 밭작물의 경우는 고 해상 항공영상에 의한 조사로 가능하기 때문에 밭작물 조사를 위해서는 항공영상을 기반으로 한 표본설계가 이루어져야 한다.

(나) 경지면적 조사

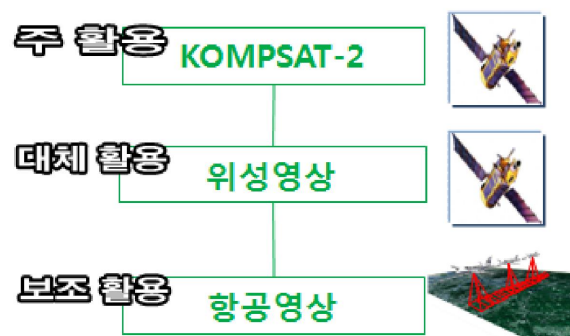
- 2008년 국산위성인 KOMPSAT-2영상을 이용한 경지면적조사 방법론의 기본틀을 수립하였고, 2012년 실용화를 목표로 지속적인 방법론 수립을 위한 노력을 기울이고 있다.
- 경지면적 조사에 활용될 KOMPSAT-2영상은 국가안보를 목적으로 <그림 4-7>에서 보는 바와 같이 서쪽지역이 동쪽 지역에 비해 촬영빈도가 크기 때문에 원하는 시기에 우리나라 전역의 영상을 확보 하는 것이 사실상 어렵고 촬영된 위성영상 중에서도 구름 등으로 인해 사용 할 수 없는 지역이 존재한다.



<그림 4-7> KOMPSAT2 촬영 궤적(예) 및 사용불가 영상(예)

- 따라서 안정적인 영상 확보가 경지면적 조사에 필수 요소이므로 KOMPSAT-2 영상만으로 확보할 수 없는 지역에 대한 대체 영상 확보가 중요한 과제이다. 이를 위해 본 연구과제에서는 KOMPSAT-2를 대체할 수 있는 가장 효율적인 위성영상을 선정하는 연구를 수행하였다.

- 그러나 KOMPSAT-2를 대체 할 수 있는 위성영상을 선정하였다 하더라도 해당 위성영상을 기상 및 촬영 등의 문제로 확보하지 못하는 경우를 대비하여 보조 영상을 확보해야 한다.
- 항공영상은 위성영상과 달리 원하는 시기에 원하는 지역을 즉시 확보 할 수 있는 것이 가장 큰 장점이므로 보조영상으로써 뿐만 아니라 대체영상으로써 활용될 수 있으며, 경우에 따라서는 주 활용 영상으로써도 활용이 가능 하다.(<그림 4-8>).



<그림 4-8> 경지면적 조사 영상 활용

- 항공영상은 특히 2007년부터 디지털 항공카메라가 국내 도입되기 시작하면서 수 cm 급의 초 고해상도의 영상을 수시로 획득 할 수 있는 기반환경이 조성되었다. 따라서 경지면적 조사를 위해 활용될 항공영상은 적합한 시기에 신규로 촬영하는 것이 가장 좋겠지만, 논벼의 면적을 주로 판독하는 경지면적 조사에서는 논벼의 특성상 다른 밭작물에 비해 판독이 용이하므로 필요한 경우 당해 년의 적절한 시기에 촬영된 기 촬영 항공영상도 활용 할 수 있다.

(다) 농작물 재배면적 조사

- 현행 밭작물 재배면적조사는 전국의 약 2만5천개에 달하는 표본 조사구들을 현장조사 요원들이 직접 방문하여 지적도 기반의 종이요도를 이용한 목측 및 보측으로 조사구내에서 경작되는 각 작물들의 면적을 측정하기 때문에 조사구 별로 비표본오차(非標本誤差)가 발생한다.

- 따라서 본 연구과제에서는 『농업통계 조사를 위한 원격조사 활용 중장기 계획(2009)』에 따라 기존의 노동집약적이고 비효율적인 작물재배면적 조사 방법을 항공영상을 활용한 작물판독실험을 통해 주요 조사 작물들의 판독 가능성을 제시 하였다.
- 본 연구를 통해 제시된 항공영상판독이 가능한 작물들은 <표 4-3>과 같은데, <표 4-3>의 원격조사와 현장조사비율은 항공영상으로 판독이 가능한 논벼를 포함하며 통계청의 전체 재배면적 조사대상인 102종에 대한 비율이다.

<표 4-3> 판독가능 작물 및 현장 조사 비율

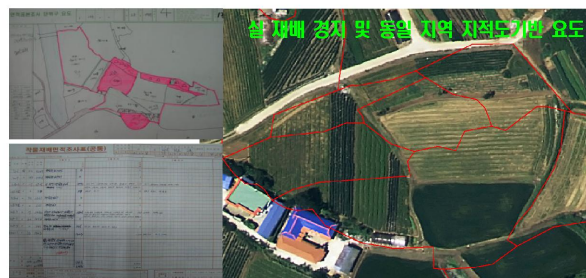
판독 여부	작물 명		현장조사비율(논벼포함)	
			현재	판독경험 축적
즉시 판독작물	1	쪽파	원격조사 47% (즉시판독작물)	56% (즉시판독 작물 +잠재적판독작물)
	2	봄 감자		
	3	포도		
잠재적 판독작물	4	김장무	현장조사 53% (잠재적판독작물 +판독불가능작물)	44% (판독불가능작물)
	5	김장배추		
	6	고추		
	7	참깨		
	8	마늘		
	9	양파		
	10	맥류		

*전체 조사대상 작물 중 논벼 비율 : 45%

- <표 4-3>에서 보는 바와 같이 본 연구의 결과로 제시된 판독 가능 작물을 항공영상을 통해 조사할 경우 많은 현장조사 부담이 경감될 것으로 판단되며, 작물 재배면적 중 원격조사가 가능한 작물의 비중은 현재 47%이며, 최대 56%까지 가능할 것으로 예상된다.
- 또한 향후 항공영상을 활용하여 판독이 불가능한 작물들에 대한 지속적인 판독 연구수행이 필요하며 이를 통해 현장조사비율을 지속적으로 축소에 나갈 필요가 있다.

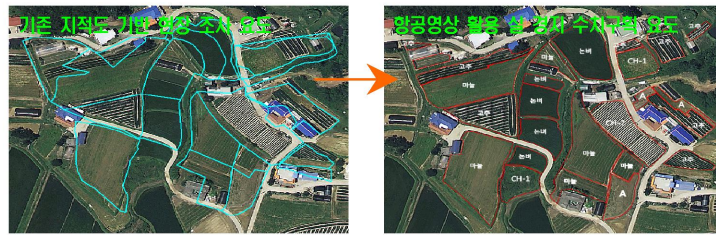
(라) GIS기반 요도관리 시스템

- 우리나라는 1973년 이래로 표본설계를 통한 경지면적 및 작물재배면적통계생산을 실시해 왔다. 농업기반환경의 변화와 주요 작물의 작부체계의 변화를 반영하기 위하여 이후 약 10여년을 주기로 3회의 표본 재설계가 있었으며 현재에는 2005년에 구축된 표본으로 표본조사가 실시되고 있다.
- 현재의 조사구는 전국의 경지를 토지대장과 지적도를 이용하여 시·군별 읍·면·동별 인접 지번을 약 2ha 내외의 크기로 묶어서 선정한다. 따라서 현재 이용되고 있는 단위 조사구들의 경계는 토지의 소유관계를 규명하는 경계 자료이기 때문에 실제 재배되고 있는 경지의 경계와는 거리가 멀다(<그림 4-9>).



<그림 4-9> 지적도 기반 조사구 요도

- 또한 한 필지에 여러 작물이 소 단위로 재배되는 우리나라의 농업 특성상, 현지답사 시 해당 작물을 필지단위로 구획된 지적도 기반의 요도에 표현하기 위해 대부분의 조사요원은 목측 또는 보측을 이용하고 있다. 이는 조사요원의 숙련도 및 조사요원의 성실성 등에 많은 영향을 받게 되며 목측조사에서 오는 오차를 아무런 보정 없이 재배면적조사에 반영하기 때문에 정확한 결과를 기대하기 어렵다. 또한 현행 규정에서는 표본이 구축되고 나면 10여년을 사용하기 때문에 변화하는 농촌지역의 사회 경제적 변화를 효과적으로 반영하는데 어려움이 있다.
- 따라서 현장조사를 위한 지적도 기반의 기초자료를 <그림 4-10>에서와 같이 항공영상을 활용한 실 재배 경작지의 경계를 각 표본 조사구 별로 구획하여 수치화된 자료로 관리할 필요가 있으며, 변화된 경작지역을 반영하기 위해 주기적인 갱신이 필요하다.



<그림 4-10> 항공영상 활용 실 경작지 수치 구획

- 또한 조정계산이 완료된 항공영상의 평면위치와 표고의 오차 한계는 축척에 따라 다르지만 『항공사진측량작업규정』상 일반적으로 $\pm 1.00\text{m}$ 이내 이므로, 정확한 구획 경지면적을 산출할 수 있으며, 수치화된 구획 경지는 <그림 4-11>과 같은 UMPC(UltraMobilePC)에 탑재되어 보다 효율적인 현장 조사 업무를 수행할 수 있다.



<그림 4-11> UMPC에 의한 현장조사

다. 항공영상 확보 계획

1) 항공영상 간접 확보

- 항공영상의 간접 확보는 농업 통계 목적이 아닌 다른 활용목적으로 타 기관에 의해 구축된 항공영상을 MOU를 통해 통계청이 확보하는 것이며, 타 기관에서 구축한 항공영상의 활용목적이 농업통계분야와 서로 다르지만 공간정보 획득이라는 공통된 개념으로 활용할 수 있다.
- 우리나라는 디지털 항공카메라가 도입된 이후 국토해양부(국토지리정보원)를 중심으로 고 해상 디지털 영상을 활용하기위한 시범사업을 실시하여 고 해상 항공영상지도의 구축 및 활용을 위한 기술력과 방법론을 축적해 왔다. 이를 바탕으로 지리정보를 필요로 하는 정부의 각 부처 및 시·군 단위의 지자체에서는 각각의 활용 목적에 맞는 항공영상지도를 구축해오고 있다.
- 즉, 국토해양부(국토지리정보원)를 중심으로 한 다차원 지리정보구축 사업 및 다목적 디지털 지리정보구축 사업을 통해 총 48개 시·군에 대한 정사영상지도를 구축하여 보다 향상된 수준의 대민 서비스를 제공하고 있으며, 국토해양부에서는 2011년부터 2014년까지 3차원 공간정보구축 사업을 통해 접경지역을 제외한 우리나라 전역에 대해서 지상표본거리(GSD) 25cm급의 항공정사영상을 구축할 계획을 수립 하고 있다.
- 또한 2008년부터 Daum 및 Naver(NHN)등의 국내 민간 포털은 웹(Web) 상에서 항공영상지도를 서비스하기 위해 항공영상을 보유하기 시작 하였다.
- 농업통계분야에서 활용 할 영상들을 선택하는데 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 점은 영상의 촬영시기이다. 특히 발작물을 관독하는 용도로 활용하는 항공영상의 경우는 발작물의 성장 시기가 서로 다르기 때문에 항공영상의 촬영시기가 매우 중요하다. 그러나 타 기관에 의해 구축된 항공영상을 확보하는 경우 대부분의 항공영상이 지도로서의 목적만 충족하면 되기 때문에 촬영 시기를 고려하지 않는다.

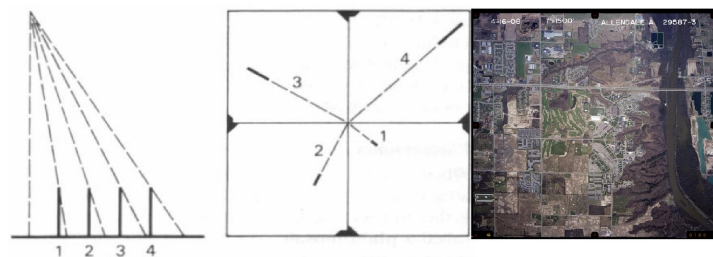
- 따라서 타 기관에 의해 구축된 항공영상은 발작물의 종류를 판독하는 용도로는 활용할 수 없다. 그러나 재배되는 발작물의 종류만큼 경작지의 형상을 변경하는 주기가 매우 길기 때문에 발작물을 판독하는 용도가 아니더라도 GIS기반 요도관리 시스템을 구축하기 위한 경작지의 도화 및 갱신, UMPC에 탑재되어 현장인식 능력을 향상시켜주는 기초 영상 등의 용도로 활용할 수 있다(<그림 4-12>).



<그림 4-12> 항공영상 간접 확보 및 활용방법

2) 항공영상 직접 확보

- 항공영상의 직접 확보는 통계청이 농업통계 조사를 위해 필요한 지역의 항공영상을 통계조사목적에 적합하도록 설계하여 통계청 주도로 획득하는 것이다. 항공영상의 직접 확보를 안정적으로 수행하기 위해서는 원하는 지역을 원하는 시기에 언제든지 촬영할 수 있고, 또한 촬영된 영상을 즉시 처리하여 공급할 수 있는 민간 기업과의 긴밀한 협조가 필요하다.
- 일반적으로 항공 디지털 카메라 시스템에 의해 획득된 원시자료는 크게 지상으로부터 반사되는 전자기파 에너지를 일정 단위로 획득하여 저장하는 영상정보와 GPS/INS에 의해 획득하는 각 영상정보들의 위치 및 자세정보로 구성된다.
- 초기의 원시 항공영상은 표정(Orientation)작업을 통해 정확한 3차원 위치정보를 결정하는데, 디지털 항공카메라 시스템은 촬영과 동시에 획득되는 영상별 위치 및 자세 정보를 이용한 조정계산으로 3차원 위치정보를 결정 한다. 그러나 3차원 위치정보가 결정되었다 하더라도 항공영상에는 여전히 <그림 4-13>에서와 같이 중심투영에 의해 발생하는 기복변위(Relief)가 존재 한다. 즉, 같은 크기의 물체임에도 불구하고 사진의 중심에서 멀어질수록 과대하게 측정되기 때문에 면적 측정과 같은 정량적인 판독에 이용할 수 없다.



<그림 4-13> 항공영상의 기복변위(Relief)

- 기복변위(Relief)의 보정은 동일지역의 수치표고자료(DEM)에 의한 수치미분편위수정(Digital Differential Rectification)으로 가능하며, 이 작업을 통해 정량적·정성적 판독에 이용할 수 있는 항공정사영상이 생성된다.

- 따라서 직접 확보는 촬영 후, 판독에 이용할 수 있는 정사영상을 제작하기 위한 시간이 다소 필요하다. 일반적으로 GSD25cm급 항공영상을 하루 동안에 촬영할 수 있는 면적은 약 1,500km²이며, 촬영설계에서부터 초기정사영상생성까지 소요되는 시간과 투입인력 및 장비는 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 1일 촬영(1,500km²)에 대한 항공 정사영상 생성의 소요시간 및 제원

처리 공정	처리시간(Day)	투입인력(Man)	장비	수량
촬영설계	2	1	WS	1
촬영		2	항공기	1
자료전처리	1	1	WS	1
3차원위치결정(AT)	3	1	WS	1
정사영상 생성	4	1	WS	1
계	10	6	항공기	1
			WS	4

*WS(WorkStation)

- 또한 GSD 25cm급으로 1일 동안 촬영된 면적(1,500km²)을 경지면적 조사에 이용할 수 있는 정사영상을 생성하는데 소요되는 개략적인 비용 산출은 다음 <표 4-5>와 같다. <표 4-5>의 산출단가는 실행경비분석을 기반으로 촬영되는 면적에 따라 5단계로 적용된다.

<표 4-5> 1일 촬영 영상(1,500km², GSD:25cm)의 정사영상 생성비용

	촬영면적 (km ²)	단가 (만원/km ²)	전체비용 (만원/1,500km ²)	비고
1	30,000이상	₩12	₩1,800	전국단위 구축비용 ('10,'11 국토지리정보원)
2	10,000-30,000	₩20	₩3,000	실행경비분석
3	5,000-10,000	₩50	₩7,500	실행경비분석
4	1,000-5,000	₩100	₩15,000	실행경비분석
5	1,000이하	₩120	₩18,000	건설표준품셈기준

2. 전국통계조사를 위한 소요예산 및 인력 산출

가. 항공영상 활용 전국통계조사의 필요성

- 항공영상정보에 대한 관심과 국가차원의 공간정보구축의 활성화되어지고 있다. 미국의 Google Earth의 파격적인 지리정보서비스가 시작된 이래 최근까지 국내 포털(Portal) 서비스업체 및 중앙정부기관 차원의 공간영상정보 구축, 활용, 응용에 대한 관심이 증가하고 있으며, 국토해양부 산하 국토지리정보원에서는 2010년 상반기부터 단계적으로 전국 25cm급의 디지털항공영상 촬영 및 정사영상 제작 사업을 수행하고 있다.
- 최신 디지털항공사진측량기술의 도입으로 공간영상정보의 품질 및 정확도가 향상되고 있다. 2004년 대한측량협회의 대측척지도제작을 위한 디지털카메라 시범사업을 시작으로 2005년 이후 국내 항공측량 전문회사들의 적극적인 디지털카메라 도입에 따라 현재 국내에 10여대 이상이 운영되고 있다. 특히 멀티센서 융합 기술에 따라 촬영항공기에 GPS/INS를 탑재하여 촬영당시 항공기의 기하학적 위치 및 자세정보를 정확하게 제공함으로써 지상기준점(GCP, Ground Control Point)이 없이도 고정밀 정사영상제작이 가능한 상황이다.
- 항공정사영상을 이용한 정확한 통계면적 산출이 가능하다. 기존 작물재배면적 통계방식은 지적도 기반의 조사구에 대한 목측으로 수행되어져 그 정확도에 대한 보완이 필요하였다. 그러나 항공정사영상의 상대정확도가 RMSE 2화소 이내로서 해상도 25cm급 영상에서 최대 50cm이내로 우수하므로 항공영상에서의 작물재배면적 구획을 통하여 정확한 면적을 좌표법으로 산출함으로써 재배면적 통계의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- 항공사진측량을 활용한 업무분업화로 작물재배면적 통계업무의 효율성을 향상시킬 수 있다. 항공사진측량은 항공사진촬영, 전처리, 기하보정(또는 후처리), 재배면적판독 및 분석, 현지조사의 단계적인 업무진행에 따라 업무의 효율성을 증진시킬 수 있다.
- 현장에 대한 직관적인 이해를 바탕으로 신속한 작물판독 및 조사가 가능하다. 항공영상은 벡터형식의 자료(지적도, 지형도 등)와 다르게 현장의 지형을 반영하는 색조를 포함

하고 있으므로 직관적으로 해당 지역 및 지형에 대한 판단을 수행함으로써 현지조사 없이도 작물판독을 수행할 수 있으며, 영상만으로 작물판독이 불가능하다 할지라도 현장 조사 시 사전조사 자료로 활용됨으로써 신속하고 정확한 조사를 가능하게 한다.

- 항공영상의 촬영 및 획득은 능동적 자료획득 방법이다. 경지면적조사에 활용되어지는 위성영상의 경우 그 획득 방법이 사용기관측면에서는 수동적이라 할 수 있다. 즉, 촬영 주문을 수행한 이후에는 영상보급사 또는 위성운영기관의 일정에 따라 수동적으로 기다릴 수밖에 없는 상황으로 필요한 시기에 필요한 영상을 얻는 것은 상당히 어려운 상황이다. 그러나 항공영상의 경우 주문에 따라 신속한 운영이 가능하므로 상대적으로 사용기관측면의 요구사항을 적극적으로 반영할 수 있는 능동적 자료획득이 가능하다.
- 항공촬영은 위성영상에 비해 기상조건에 대한 제약요소가 적다. 일반적으로 위성의 경우 주기적인 방문을 통해 관심지역에 대한 영상을 기상조건의 제약없이 신속하게 획득할 수 있는 기술로 여겨졌다. 그러나 그 전제조건은 위성 방문시 기상조건이 촬영에 적합한 상황이어야 한다는 것인데 최근 국내 궤청일수의 감소에 의해 이와 같은 조건을 맞추는 것이 상당히 어려운 상황이 되어가고 있다. 이런 제약요소는 기상조건에 따라 즉시 촬영을 할 수 있는 항공촬영을 수행함으로써 상당한 해소가 가능할 것으로 판단된다.

나. 항공영상 전국통계조사를 위한 소요예산 및 인력산출

- 일반적으로 항공정사영상의 구축비용은 앞서 <표 4-5>에서와 같이 촬영면적에 따라 구축단가가 달리 적용된다. 즉, 촬영면적이 1,000km²이하일 경우에는 건설기술표준품셈에 따라 적용되며, 그 이상의 경우에는 실행경비에 따른다.
- 촬영면적이 1,000km²이하의 경우 단위면적 100km²에 대한 항공영상촬영 및 정사영상 제작 및 판독 비용은 지상표본거리(GSD) 25cm급과 10cm급에 대하여 아래 <표 4-6> 및 <표 4-7>과 같다.

<표 4-6> 비용분석(25cm급)/100km² 당(촬영면적 1,000km² 이하의 경우)

구분	항공사진 촬영	디지털 영상처리	구획 및 판독	비고
인건비	₩ 5,137,658	₩ 37,557,408	₩ 28,097,056	
재료비	₩ 30,471	₩ 187,402	-	
경비	₩ 2,748,206	₩ 2,656,272	₩ 131,875	
제경비	₩ 5,651,423	₩ 41,313,148	₩ 30,906,762	
기술료	₩ 2,157,816	₩ 15,774,111	₩ 11,800,764	
소계	₩ 15,725,574	₩ 97,488,341	₩ 70,936,646	
부가세	₩ 1,572,557	₩ 9,748,834	₩ 7,093,646	
합계	₩ 17,298,131	₩ 107,237,175	₩ 78,030,102	
총합	₩ 202,565,408			

<표 4-7> 비용분석(10cm급)/100km² 당(촬영면적 1,000km² 이하의 경우)

구분	항공사진 촬영	디지털 영상처리	구획 및 판독	비고
인건비	₩21,390,141	₩ 72,268,646	₩ 28,097,056	
재료비	₩48,928	₩ 187,402	-	
경비	₩4,535,838	₩ 5,574,268	₩ 131,875	
제경비	₩23,529,155	₩ 79,495,510	₩ 30,906,762	
기술료	₩8,983,859	₩ 30,352,831	₩ 11,800,764	
소계	₩58,487,921	₩ 187,878,657	₩ 70,936,646	
부가세	₩5,848,792	₩ 18,787,866	₩ 7,093,646	
합계	₩64,336,713	₩ 206,666,523	₩ 78,030,102	
총합	₩ 349,033,338			

- 또한 촬영면적이 전국단위 일 경우 <표 4-5>의 30,000km²이상의 촬영면적 단가를 적용하면 지상표본거리(GSD) 25cm급과 10cm급의 단위면적 100km²에 대한 정사영상 구축 비용은 아래 <표 4-8> 및 <표 4-9>와 같다.

<표 4-8> 비용분석(25cm급)/100km² 당(촬영면적 30,000km² 이상의 경우)

구분	항공사진 촬영	디지털 영상처리	구획 및 판독	비고
인건비	₩544,561	₩3,980,861	₩2,977,994	
재료비	₩3,230	₩19,863	-	
경비	₩291,293	₩281,549	₩13,977	
제경비	₩599,017	₩4,378,947	₩3,275,794	
기술료	₩228,716	₩1,671,962	₩1,250,758	
소계	₩1,666,817	₩10,333,183	₩7,518,523	
부가세	₩166,682	₩1,033,318.29	₩751,852.26	
합계	₩1,833,499	₩11,366,501	₩8,270,375	
총합				₩21,470,375

<표 4-9> 비용분석(10cm급)/100km² 당(촬영면적 30,000km² 이상의 경우)

구분	항공사진 촬영	디지털 영상처리	구획 및 판독	비고
인건비	₩925,754	₩6,767,464	₩5,062,590	
재료비	₩5,491	₩33,768	-	
경비	₩495,199	₩478,633	₩23,762	
제경비	₩1,018,329	₩7,444,211	₩5,568,849	
기술료	₩388,817	₩2,842,335	₩2,126,288	
소계	₩2,833,589	₩17,566,411	₩12,781,488	
부가세	₩283,359	₩1,756,641	₩1,278,149	
합계	₩3,116,948	₩19,323,052	₩14,059,637	
총합				₩36,499,637

- 지상표본거리 25cm급과 10cm급의 단위 100km²당 투입인력 분석은 다음 <표 4-10>과 <표 4-11>에 정리 하였다. 항공정사영상 제작을 위한 투입인력은 건설기술표준품셈을 근거로 산출되었으며, 구획 및 판독은 1인이 1시간에 2개의 2ha단위 조사구를 수행한 다는 가정 하에 100km² 포함된 5,000개의 조사구에 대한 구획 및 판독 인력이다.

<표 4-10> 투입인력분석(25cm급)/100km² 당

구분	조종사	항법사	정비사	특급	기술자		정보처리	기능사	
					고급	중급		고급	중급
촬영계획				0.32		0.32			
전처리				4.56	0.99	5.55		0.46	
운항비									
촬영비	4	4	4		4				
사진기준점				3	25.5	15			
정사영상제작				2.98	1.49	10.40	5.94		11.86
구획 및 판독						313			
합계	4	4	4	10.86	31.98	344.27	5.94	0.46	11.86

<표 4-11> 투입인력분석(10cm급)/100km² 당

구분	조종사	항법사	정비사	특급	기술자		정보처리	기능사	
					고급	중급		고급	중급
촬영계획				0.32		0.67			
전처리				28.74	6.23	34.97		2.87	
운항비									
촬영비	7	7	7		7				
사진기준점				18.24	155.04	91.2			
정사영상제작				2.98	1.49	10.40	5.94		11.86
구획 및 판독						313			
합계	7	7	7	50.28	169.76	450.24	5.94	2.87	11.86

- 항공정사영상을 이용한 작물재배면적 산출을 위해서는 표본구(또는 조사구) 운영방식의 조정이 필요하다. 현재 2ha 단위로 전국에 분포하고 있는 표본구는 현장조사방식에 적합한 크기와 분포로 구성되어 있다. 항공측량기술을 적용할 경우 이와 같은 표본구에 대한 촬영은 거의 불가능하다고 할 수 있다. 좀 더 정확한 조사가 이루어지게 하기 위하여 다양한 작물이 분포하고 있는 지역을 선정하고, 단위 표본구에 대한 면적으로 증가시키고 표본구의 개수를 줄여야 할 것으로 여겨진다.

3. 항공영상 활용 원격조사 기법 도입을 위한 향후 과제

가. 항공영상의 활용비율을 확대하여 현장조사 비율 축소

- 본 연구의 결과로 총 19개 주요 작물 중 10개의 작물에 대해서 즉시 판독이 가능하거나 일정 기간 판독 경험에 축적된 후에 잠재적으로 판독이 가능한 것으로 조사 되었다.
- 이는 아직도 약 절반정도의 밭작물에 대한 현장 조사가 필요하다는 것을 의미하며, 농업면적 조사를 위한 현장조사비율을 지속적으로 줄여나가기 위해서는 현장조사의 밭작물들에 대하여 원격조사기법을 활용하도록 하는 연구가 지속적으로 수행되어야 한다.

나. 영상기반 표본을 활용한 재배면적 산출가능성 연구

- 현재 통계청에서는 원격조사기법의 도입을 위하여 영상기반의 표본 재설계를 위한 연구가 진행 되고 있는데, 이는 경지면적이라는 측면에서 접근하고 있고 밭작물의 재배면적 조사라는 측면은 배제 되어있다.
- 따라서 경지면적 조사를 위한 영상 기반의 표본 설계와 더불어서 밭작물들의 재배면적 조사를 위한 영상기반의 표본설계 연구가 필요한데, 중복투자를 배제하기 위하여 경지면적 조사를 위한 영상기반 표본을 총화한 자료 중 밭작물의 재배면적조사에 활용될 수 있는 층을 결정하는 연구가 선행 되어야 할 것이다.

다. GIS기반 요도관리 시스템 구축을 위한 실 경지 구획

- 밭작물 재배면적 조사를 위한 표본 설계가 완료되면, 설계된 표본 지역에 대한 항공정사영상을 확보하여 실 재배경지 구획을 통한 조사구 요도의 수치화가 필요하며, 사용되는 영상은 경작지의 형태 변화를 고려하여 최근 1~2년 내에 촬영된 영상이어야 한다.
- 실 경작지 구획을 통해 수치화가 완료되면, 구획된 경지의 검증을 위하여 구획에 사용된 항공영상 중 촬영시점이 가장 빠른 지역부터 현장조사를 실시하여 구획된 수치요도와 실제로 재배되고 있는 현장과의 일치성을 확보해야 한다. 또한 밭 경작지의 재배환경 변화를 고려하여 일정주기로 갱신함으로써 현장과의 일치성을 유지해야 한다.

제 5 장 위성 영상별 원격조사 효율성 비교

1. 연구 배경 및 목적

- 통계청에서는 농업통계 분야에 위성영상자료를 활용한 원격탐사 기법을 도입하기 위해, KOMPSAT-2 영상자료를 활용한 경지면적 조사의 방법론을 이미 선행 연구 과제를 통해 확보 한 바 있다.
- 그러나 KOMPSAT-2 본래의 활용 목적 상 경지면적 조사가 필요한 시기에 우리나라 전역의 KOMPSAT-2위성영상을 확보하는 것은 사실상 어려울 것으로 판단되며, 경지면적 조사에서 위성영상을 활용한 원격탐사 기법을 안정적으로 실용화하기 위해서는 KOMPSAT-2의 미확보 지역에 대한 대체 위성영상의 확보가 시급한 실정이다.
- 따라서 본 연구에서는 KOMPSAT-2의 미 확보지역에 대한 경지면적조사를 위해, 국내에서 활용 가능한 모든 위성영상들의 경지면적 조사 효율성을 분석하여 KOMPSAT-2를 대체 할 수 있는 가장 효과적인 위성영상을 제시하고자 한다.
- 또한 향후 아리랑5호에 탑재하게 될 SAR센서는 기상조건과 시간에 영향을 거의 받지 않으면서 지상의 정보를 확보할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점을 기반으로 해외에서는 농업통계분야에 SAR영상을 활용한 많은 사례가 있으며, 농업통계분야에서 SAR영상을 실용화하기 위한 연구가 지속적으로 진행 중이다.
- 따라서 본 연구에서는 농업통계분야에서 향후 아리랑5호를 통해 공급받게 될 SAR영상과 비슷한 수준의 영상을 확보하여 경지 면적 조사에서의 활용 가능성을 검토 해 보고자 한다.

2. 원격조사 효율성 비교를 위한 위성영상별 수급현황

가. 경지면적 산출을 위한 위성영상 및 연구대상지 선정

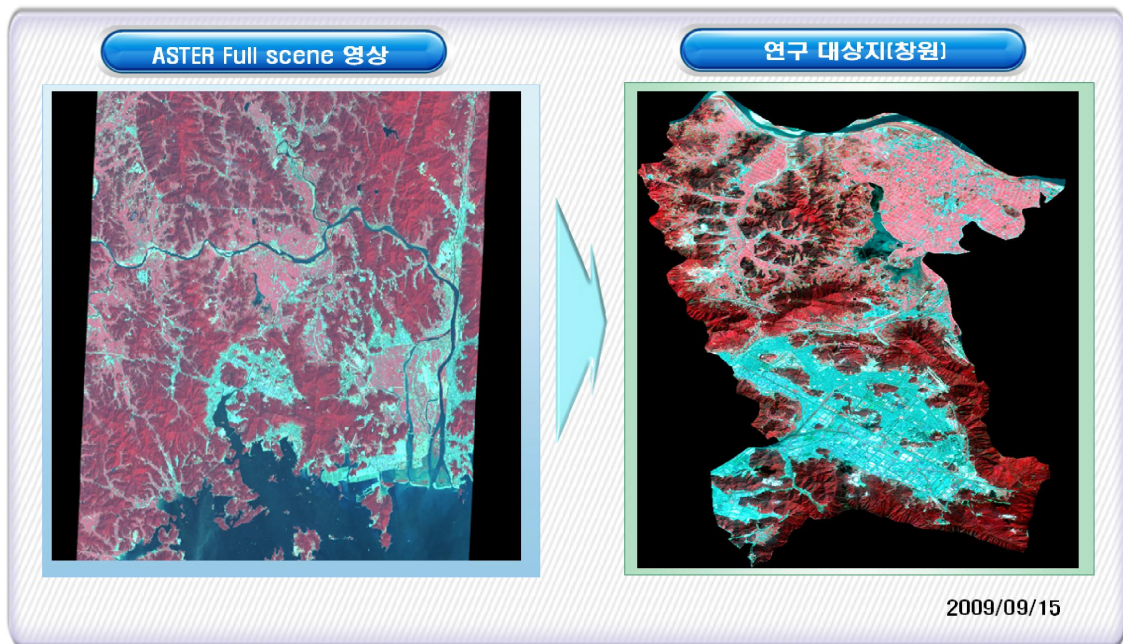
- 위성영상별 원격조사 효율성 비교를 위하여 ASTER, RapidEye, SPOT-5, QuickBird, GeoEye를 이용하였다.
- 연구 대상지는 표본 단위구 조사 지역에 포함되는 창원, 진천, 용인, 김제를 대상으로 하였다.

1) ASTER (창원)

- ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)는 NASA와 일본의 METI(Ministry of Economy, Trade and Industry) 그리고 ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center)에 의하여 1999년 12월에 발사된 지구 탐사 위성에 탑재된 센서이다. ASTER는 15m, 30m, 90m의 해상도를 가지며 VNIR (Visible and Near Infrared), WIR (Shortwave Infrared), TIR(Thermal Infrared)의 3개의 센서를 탑재하고 있다.
- ASTER의 특징은 기존의 영상에 비하여 가격대비 높은 분광 해상도와, visible, near IR, short wave IR and Thermal IR의 분광영역이 넓고, 스테레오 영상을 제공한다는 것이다. ASTER는 육지에서의 화산 활동, 해안선의 변화, 열대우림에서의 식생, 습지 등의 모니터링과 지표면 에너지 흐름에 대한 예측, 그리고 일반적인 DEM을 추출하는데 사용가능하다.
- <표 5-1>은 ASTER의 밴드별 파장대 정보를 나타내고 있으며, <그림 5-1>은 창원지역의 ASTER 위성영상 자료이다.

<표 5-1> ASTER 밴드 정보

Subsystem	Band No.	Spectral Range (μm)	Spatial Resolution (m)	Quantization Levels
VNIR	1	0.52-0.60	15	8bits
	2	0.64-0.69		
	3	0.78-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8bits
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
TIR	10	8.125-8.475	90	12bits
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		



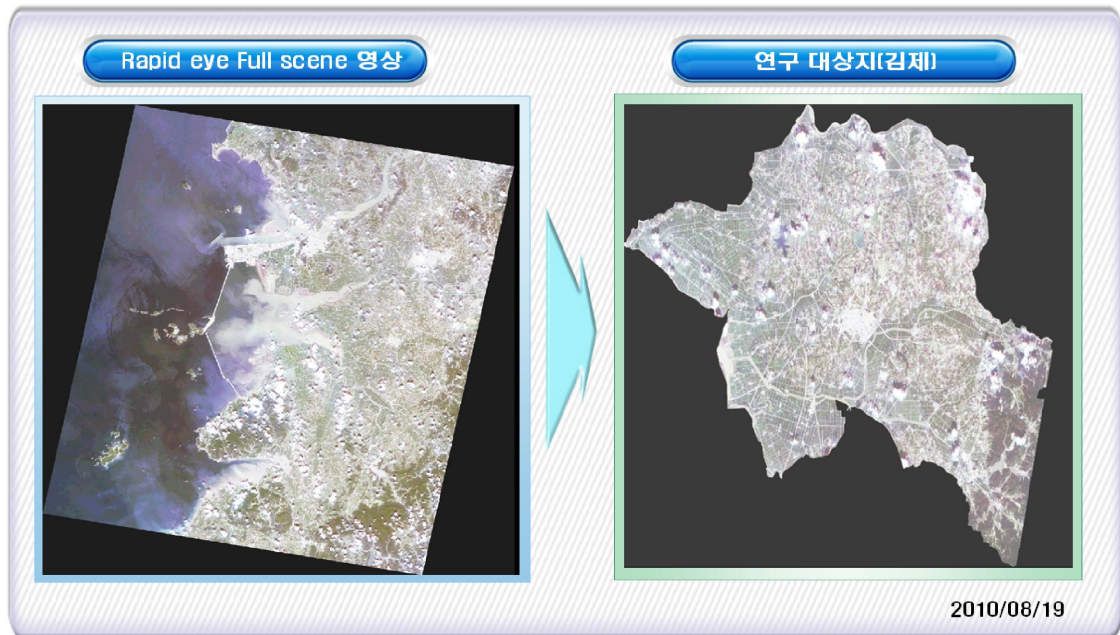
<그림 5-1> ASTER Full scene 영상 및 연구대상지

2) RapidEye (김제)

- RapidEye 는 German Aerospace Center(DLR)에서 2008년 8월 29일 발사한 위성으로 총 5개의 동일한 위성을 한 번에 발사했다는 것이 특징이다. 5개의 위성이 지구를 관측하고 있기 때문에 매일 동일한 지역의 영상을 획득할 수 있다는 것이 장점이다. 또한 Red, Green, Blue, Near Infra Red 밴드 외에 Red Edge 밴드에서 데이터를 획득할 수 있기 때문에 산림 모니터링, 농작물 모니터링 등에 효과적으로 활용할 수 있으며 취득 영상의 해상도는 5미터이다.
- <표 5-2>는 RapidEye 위성의 헤더정보를 나타내고 있으며, <그림 5-2>는 김제지역의 RapidEye 위성영상 자료이다.

<표 5-2> RapidEye 영상 헤더 정보

Number of Satellites	5	
Spacecraft Lifetime	7 years	
Orbit Altitude	630 km in Sun-synchronous orbit	
Equator Crossing Time	11:00 am (approximately)	
Sensor Type	Multi-spectral push broom imagery	
Spectral Bands	Capable of capturing any of the following spectral bands	
	Name	Spectral Bands(nm)
	Blue	440-510
	Green	520-590
	Red	630-685
	Red Edge	690-730
	NIR	760-850
Ground sampling distance (nadir)	6.5m	
Pixel size(orthorectified)	5m	
Swath Width	77km	
On board data storage	5m	
Swath Width	77km	



<그림 5-2> RapidEye Full scene 영상 및 연구대상지

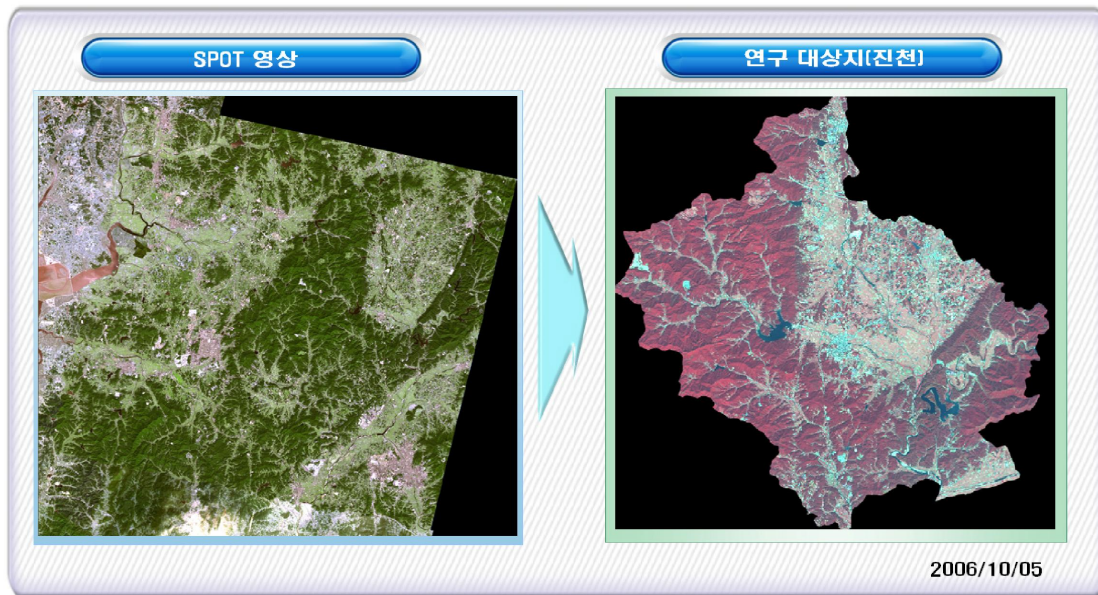
3) SPOT-5 (진천)

- SPOT 위성은 프랑스 CNES(Centre National d'Etudes Spatiales) 주도 하에 1,2,3,4,5호가 발사 되었으며, 이 중 1,2,4,5호가 운용 중이지만 지상관제센터에서 관제할 수 있는 위성의 수가 3대이기 때문에 영상은 2,4,5호의 영상만을 획득하고 있다. SPOT 1,2,3 에는 HRV(High Resolution Visible) 센서가 2대씩 탑재되어 10m의 해상도로 지구관측을 하기 때문에 주로 지도제작을 주목적으로 하고 있고 20m의 Multi-Spectral 센서도 탑재하여 3Band의 다중분광모드로 지구관측을 할 수 있다. SPOT 4호는 이전의 SPOT과 제원은 비슷하나 다중분광모드에 중적외선 밴드를 추가한 HRVIR(High Resolution Visible and InfraRed) 센서 2대가 탑재되었으며, 농작물 및 환경변화를 매일 관측하기 위한 목적으로 Vegetation 센서가 추가되어 있다.
- SPOT-5는 2002년 5월에 발사되어 운영 중이며, 공간해상력을 향상시킨 HRG(High Resolution Geometry) 센서 2대를 탑재하여 5m 의 공간해상도와 Resampling 을 할 경우 2.5m 의 해상도를 가지고, Multi-Spectral에서는 가시광선 및 근적외선의 3밴드에서 10m, 중적외선 밴드는 20m의 공간해상도의 영상을 공급하고 있다. <표 5-3>은

SPOT-5 위성의 헤더정보를 나타내고 있으며, <그림 5-3>은 진천지역의 SPOT-5 위성영상 자료이다.

<표 5-3> SPOT영상 헤더 정보

발사시기	2002년 5월	
발사체	Ariane 4	
평균수명	5년	
궤도특성	자전동기	
적도은행지방시	10:30 a.m	
적도기점 운향고도	822 km	
궤도경사각	98.7°	
운향속도	평균 swath width	
궤도순환주기	101.4 분	
동일궤도귀환주기	26일	
총중량	3,000kg	
위성체크기	3.1 x 3.1	
밴 드	Spectral bands	Panchromatic B1: green B2: red B3: near infrared B4: short-wave infrared (SWIR)
	Ground pixel size	2.5 m or 5 m 10 m 10 m 10 m 20 m
	Spectral range	0.48 - 0.71 μm 0.50 - 0.59 μm 0.61 - 0.68 μm 0.78 - 0.89 μm 1.58 - 1.75 μm



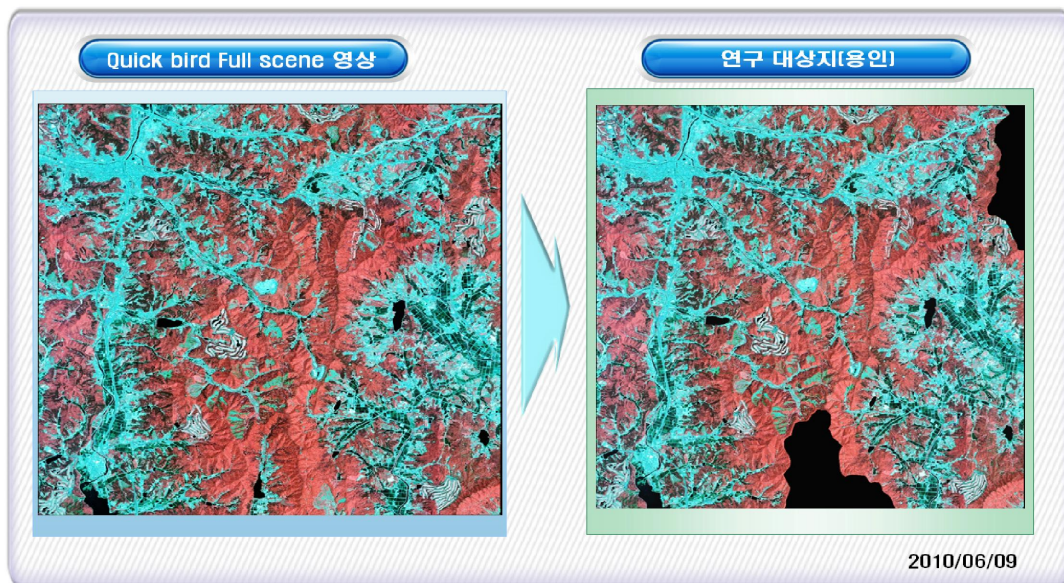
<그림 5-3> SPOT-5 영상 및 연구대상지

4) QuickBird (용인)

- 디지털글로브(Digital Globe)는 2000년 11월 QuickBird-1호를 발사했으나 궤도상에 진입에 실패했고, 2001년10월 미 캘리포니아에서 보잉사의 델타 로켓으로 QuickBird-2호 위성을 성공적으로 쏘아 올렸다. QuickBird-2는 지구상공 450km에서 흑백으로는 직경 61cm, 컬러로는 2.4m의 물체까지 식별이 가능한 위성사진을 전송하고 있다. 상업용 위성으로는 최초로 1m를 넘는 고해상을 제공하고 있다.
- 최소 직경 10~15cm의 물체까지 식별 가능한 미군의 첨단 첩보위성의 해상도에는 미치지 못하지만 건물, 자동차는 물론 테니스장의 옆줄까지 판별할 수 있는 수준이다. 영상이 필요한 사용자들로부터 요청된 지역을 촬영할 수 있으며, 해상도의 한계로 대축척 지도 제작이 불가능했던 위성영상 지도제작 분야에 비약적인 발전을 이루게 하였다.
- QuickBird 위성영상을 이용한 연구 대상지는 용인지역으로 선정하였다. <표 5-4>는 QuickBird의 헤더정보를 나타내고 있으며 <그림 5-4>는 용인지역의 QuickBird 위성영상 자료이다.

<표 5-4> QuickBird 영상 헤더 정보

발사정보	발사일	2001년 10월 18일
	발사체	Delta II
	발사장	Vandenberg Air Force Base, California
평균수명	운항고도	450km
	궤도경사각	98°
	궤도특성	자전동기
	동위치순환주기	-70cm 공간해상도 기준 위도에 따라 1-3.5일
해상도	Panchromatic - 공간해상도: 61cm(nadir) - 분광해상도: 0.445~0.900 μm	-Multispectral - 공간해상도: 2.44m(nadir) - 분광해상도 - Blue: 0.450~0.520 μm - Green: 0.520~0.600 μm - Red: 0.630~0.690 μm - Near-IR: 0.760~0.900 μm



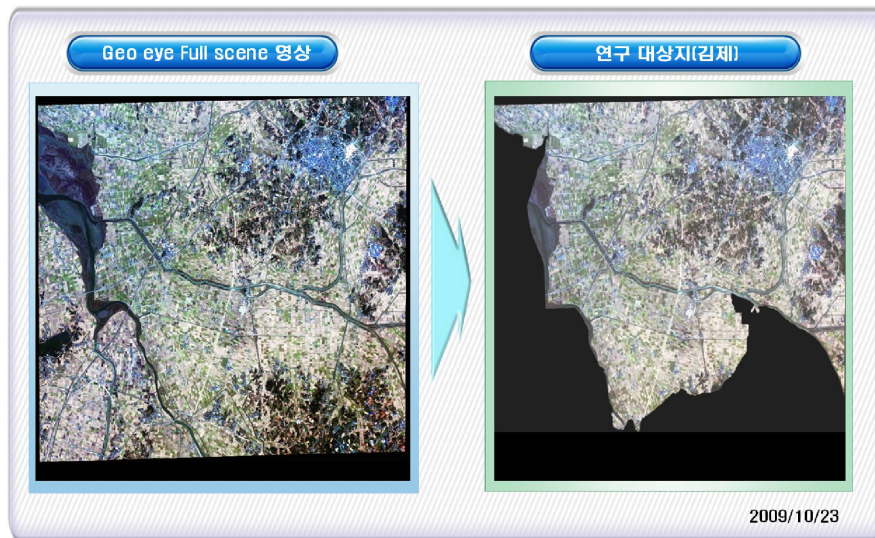
<그림 5-4> QuickBird 영상 Full scene 및 연구대상지

5) GeoEye (김제)

- GeoEye는 IKONOS를 운영하고 있는 GeoEye사에서 2008년 9월 6일 발사한 고해상도 위성영상이다. 고도 681km에서 상공에서 하루에 15번 지구를 돌면서 관측할 수 있다.
- 0.41m의 panchromatic 카메라와 1.65m의 Multispectral 카메라를 탑재하고 있으며, 한번에 촬영할 수 있는 관측 폭은 15.2km 이며 스테레오 촬영이 가능하기 때문에 비접근 지역의 지도제작 등에 유용하게 활용이 될 수 있다. <표 5-5>는 GeoEye의 헤더정보를 나타내고 있으며, <그림 5-5>는 용인지역의 GeoEye 위성영상 자료이다.

<표 5-5> GeoEye 영상 헤더 정보

Launch Data	September 6, 2008		
Camera Modes	Simultaneous panchromatic and Multispectral(pan-sharpened) Panchromatic only Multispectral only		
Resolution	0.41m/1.34 ft* panchromatic (nominal at Nadir) 1.65m / 5.41 ft* Multispectral (nominal at Nadir)		
Metric Accuracy/ Geolocation	CE stereo : 2m / 6.6 ft LE stereo : 3m / 9.84 ft CE mono : 2.5m / 8.20 ft These are specied as 90% CE (circular error) for the horizontal and 90% LE (linear error) for the vertical with no ground control (Area assumes pan mode at highest line rate)		
Revisit Frequency at 684km Altitude (40° Latitude Target)	Max Pan GSD (m)	Off Nadir Look Angle (deg)	Average Revisit (days)
	0.42	10	8.3
	0.50	28	2.8
	0.59	35	2.1



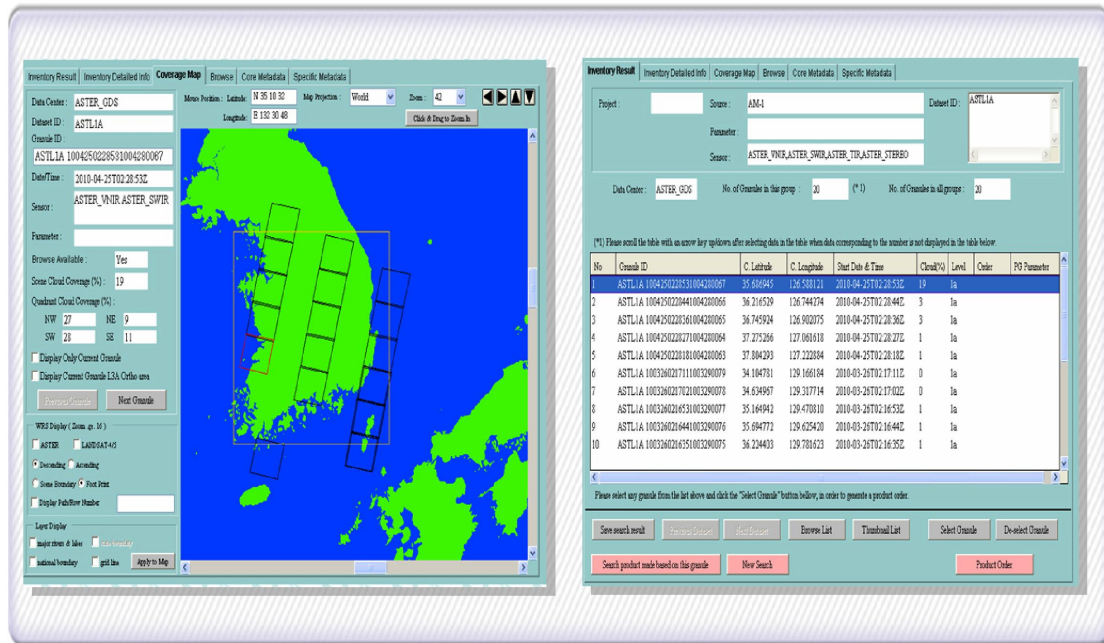
<그림 5-5> GeoEye 영상 Full scene 및 연구대상지

나. 위성영상별 자료 수급 현황

- 우리나라도 경지 면적 조사, 재배 면적 조사, 작황 예측 분석 등에 활용하기 위하여 향후 다목적실용위성 2호를 이용할 예정에 있다.
- 하지만 다목적실용위성 2호의 수급이 원활하지 않을 경우 다목적실용위성 2호의 대체 영상 확보가 필요하며 이를 위해서는 위성영상 자료의 수급 현황을 면밀히 파악할 필요가 있다.

1) ASTER

- ASTER 영상의 경우 한반도 촬영계획은 일정치 않으며 자주 촬영하지 않는 것으로 나타났다. 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 총 20편의 영상이 촬영되었으며 이 검색 결과는 사용자 검색 조건에 따라 유동적인 결과이다.
- 본 연구에서는 검색 조건을 데이터 레벨 1G, 구름 커버율이 20%미만, 야간모드 제외의 조건을 주어 검색하였다. <그림 5-6> 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 한반도 남한 전역의 촬영 현황을 보여주고 있다.



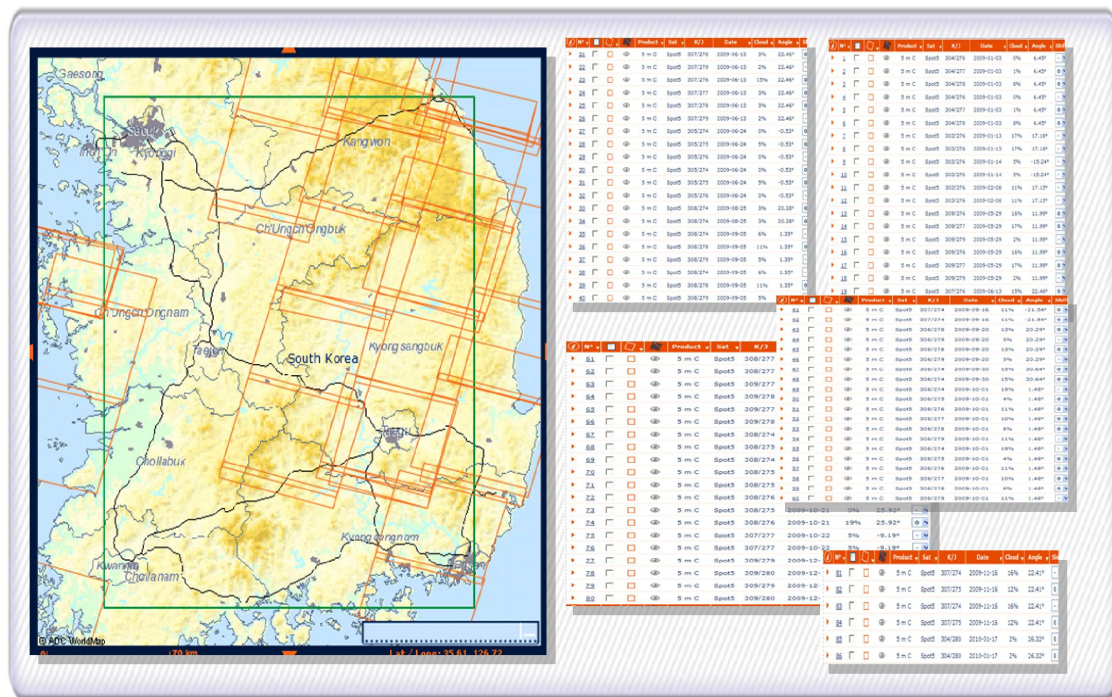
<그림 5-6> ASTER 영상 촬영 현황

2) RapidEye

- RapidEye 영상의 경우 현재 검색 시스템이 구축되어 있지 않으며 <http://www.rapideye.de/> 홈페이지에 직접 주문촬영을 요구하거나, 영상판매 업체를 통하여 영상 구매를 할 수 있다.

3) SPOT-5

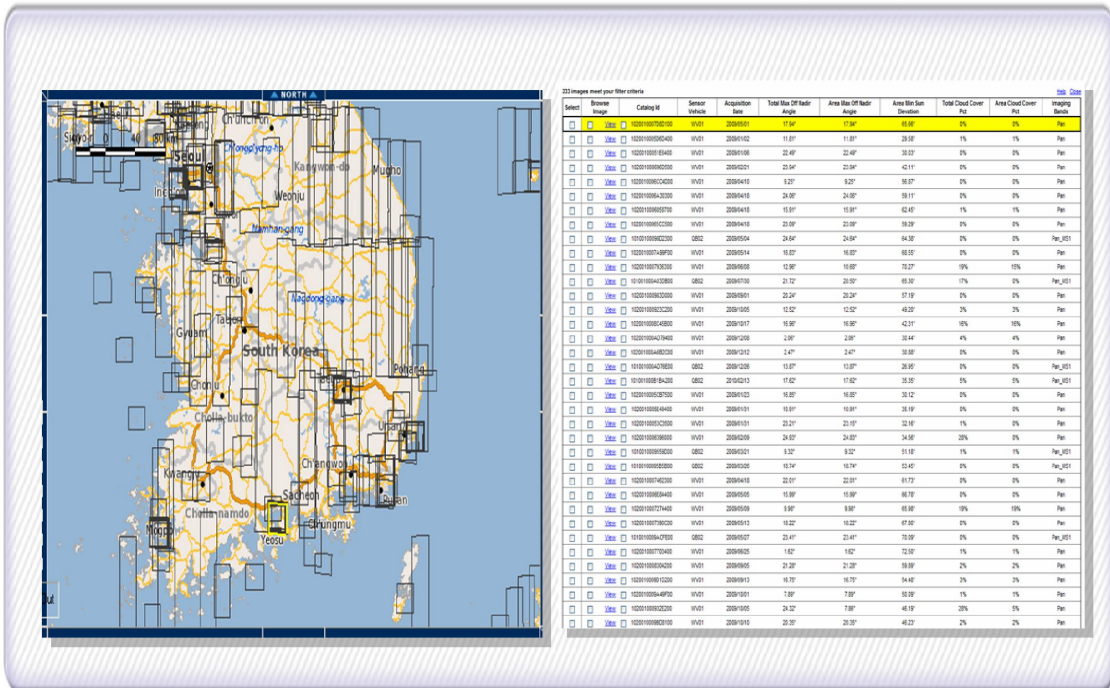
- SPOT-5 영상의 경우 ASTER 영상에 비하여 아카이브 데이터가 상대적으로 많이 확보 되어 있으며 한반도 남한 지역을 비 주기적으로 촬영하고 있는 것으로 확인되었다.
- 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 총 86 신의 영상이 촬영되었으며, 이 검색 결과는 사용자 검색 조건에 따라 유동적인 결과이며 본 연구에서는 검색 조건을 데이터 레벨 5M C, 구름 커버율이 20%미만 조건을 주어 검색하였다. <그림 5-7>은 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 한반도 남한 전역의 촬영 현황을 보여주고 있다.



<그림 5-7> SPOT-5 영상 촬영 현황

4) QuickBird

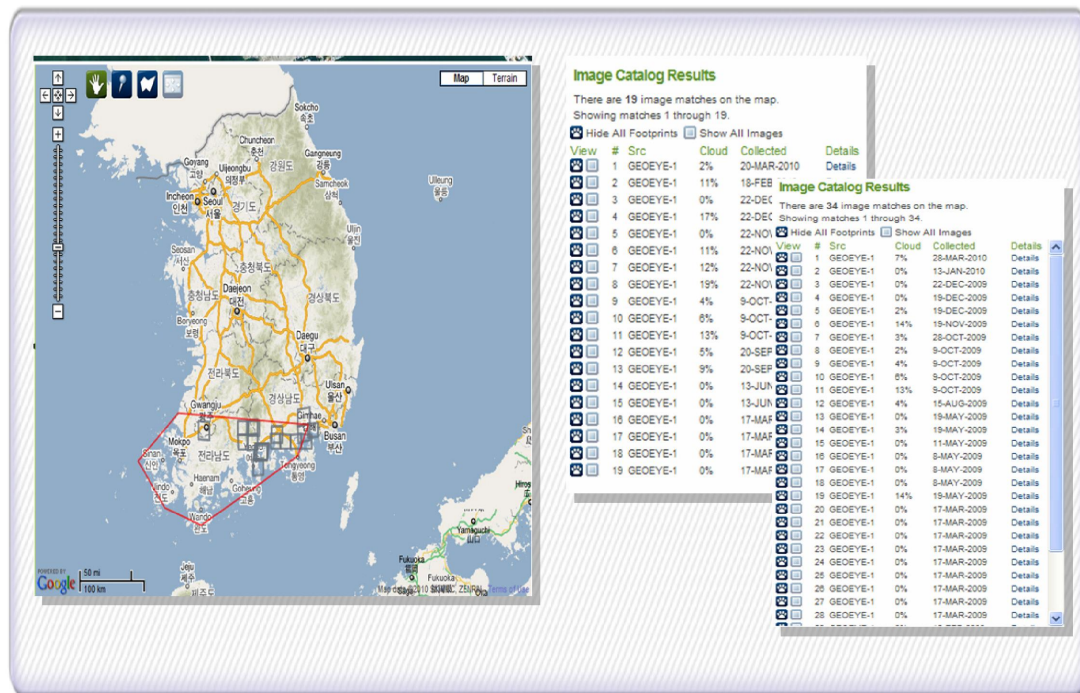
- QuickBird 영상도 SPOT-5 영상과 동일하게 아카이브 데이터가 상대적으로 많이 확보되어 있으며 한반도 남한 지역을 비 주기적으로 촬영하고 있는 것으로 확인되었다.
- 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 총 233 신의 영상이 촬영되었으며 이 검색 결과는 사용자 검색 조건에 따라 유동적인 결과이다.
- 본 연구에서는 검색 조건을 Pan과 Pan_MS1, 구름 커버율이 20%미만 조건을 주어 검색하였다. <그림 5-8>은 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 한반도 남한 전역의 촬영 현황을 보여주고 있다.



<그림 5-8> QuickBird 영상 촬영 현황

5) GeoEye

- GeoEye 영상의 경우 2008년 9월 6일 발사되어 상대적으로 SPOT-5 영상에 비하여 아카이브 데이터가 상대적으로 많이 확보 되어 있지 않지만 촬영 계획에 있어서는 한반도 남한 지역을 비 주기적으로 촬영하고 있는 것으로 확인되고 있다.
- 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 약 95권의 영상이 촬영되었으며 이 검색 결과는 사용자 검색 조건에 따라 유동적인 결과임. 본 연구에서는 검색 조건을 구름 커버율이 20%미만 조건을 주어 검색하였다.
- <그림 5-9>는 2009년부터 1월 1일부터 2010년 4월 6일까지 한반도 전라남도 및 경상남도의 촬영 현황을 보여주고 있다.



<그림 5-9> GeoEye 영상 촬영 현황

3. 위성영상 자료 전처리 과정

- 위성영상별 원격조사 효율성 비교 분석을 위해서는 반드시 영상자료의 전처리 과정이 필요하다.
- 본 연구에서는 일반적으로 수행되는 기하보정, 정사보정과 더불어 경지면적 산출을 위하여 영상분류, 객체기반 분류 작업을 수행하였다.

가. 기하보정(Geometric correction)

- 원격탐사데이터는 일반적으로 일정한 기하학적 에러와 불일정한 기하학적 에러를 가지고 있다. 이러한 에러는 두 가지로 나뉘어진다. 일정하게 발생하는 내부센서의 왜곡에 대한 지식 및 플랫폼의 천체상의 위치를 사용하여 교정할 수 있는 에러와 충분한 지상 기준점을 가지고 허용정확도내로 교정할 수 있는 에러로 나뉘어진다.

- 센서의 특성과 천체상의 위치 분석을 통해 교정할 수 있는 기하학적 왜곡의 종류는 scan skew, mirror-scan-velocity nonlinearities, panoramic distortion, spacecraft velocity and perspective geometry가 있다.
- 본 연구에서는 지상기준점(Ground Control Point)을 이용하여 기하보정을 수행하였다. 지상기준점(GCP)은 이미지좌표와 지도좌표에서 구분이 가능한 지구표면상의 지점이다. 단지 지상기준점을 사용하여 교정할 수 있는 기하학적 에러는 센서시스템의 자세(roll, pitch, yaw)와 고도에 의해 발생한 왜곡이다.
- 원격탐사이미지를 지도좌표계에 맞게 기하학적으로 교정하기 위해서는 두 가지 기본적인 작업을 실행해야한다.
 - 첫 번째로 입력된 화소의 위치(행과 열)와 이와 관련된 지도좌표계 위치간의 기하학적 관계가 동일해야하고 교정된 출력이미지의 위치를 결정하기 위하여 원래 입력이미지의 모든 화소를 재위치하거나 교정하기 위하여 좌표변환식이 사용되어짐. 좌표변환을 위한 식은 다음과 같다. 아래의 식에 근거하여 기하학적 좌표변환이 이루어진다.

$$X' = a_0 + a_1X + a_2Y$$

$$Y' = b_0 + b_1X + b_2Y$$

where X, Y = Ground control point coordinate

X', Y' = Image coordinate

- 여기서 미지의 계수인 a, b 는 지상기준점의 지도좌표와 변환 후의 지도좌표와의 오차 자승합이 최소가 될 때 결정되는 최소자승법에 의해 구해진다. 상기의 식은 1차식 이지만 GCP의 개수, 영상의 뒤틀린 정도, Relief Displacement 등에 따라 2차 이상의 방정식을 사용할 수 있다.
- 본 연구에서는 RapidEye, QuickBird, GeoEye 영상을 대상으로 기하 보정을 수행하였다. 기하보정 참조자료로는 국토지리 정보원에서 제공하는 1:5,000 수치지도 및 위성영상 자료를 활용하여 자료 처리를 수행하였다.

나. 정사보정(Ortho Rectification)

- 본 연구에서는 위성영상 관측 시 발생하는 위성의 자세, 대기 기상, 지표면의 형상 등에 의해 발생하는 각종 왜곡을 제거하기 위하여 정사보정을 수행하였다.
- 정사 보정 방법은 고해상도 위성영상이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 방법이다.
- 수학적 계산에 그 근거를 두고 있으며, 많은 단계에서 적용되는 수학적 계산을 통해 미지 상수의 개수를 감소시킴으로써 적은 수의 지상기준점을 이용해서도 정확한 위치 보정이 가능하다.
- 정사 보정을 위한 기복 변위의 제거 방법으로 수치 미분편위수정 방법이 사용되고 있는데 이를 위해서는 수치화된 영상 자료를 획득하는 방법과 정확한 수치 표고 모형자료의 획득 방법이 중요하게 대두되며, 이용된 방법에 따라 생성된 정사 투영 영상의 정확도 및 효율성이 좌우된다.
- 정사 보정된 영상은 촬영영상의 모든 점에서 나타나는 편위가 제거됨으로써 영상위의 상이 일반 지도에서 보는 것처럼 모든 점에서 축척이 일정하게 유지된다.
- 모든 왜곡 요소의 보정을 위한 수학적 계산 과정이 복잡하고, 카메라에 대한 정확한 정보와 촬영 대상 지역에 대한 고도 자료 등이 필수적으로 요구된다는 점에서 번거롭게 느껴지기도 하지만 그 만큼 정확한 계산이 가능하다는 장점을 가진다.
- 기존 정사 보정을 위한 위성의 센서모델링에 관한 연구로 공선조건식을 기반으로 센서모형을 개발하고 이를 바탕으로 Pseudo영상을 제작하여 지리정보를 취득하였으며, 스트립영상과 영상헤더정보를 이용하여 3차원 위치좌표를 취득하는 방법 등 여러 가지 방법이 있다.

- 본 연구에서는 정사보정 수행을 위하여 RPC 파일을 사용하여 정사보정을 수행하였다. 고해상도 위성영상을 이용한 기복편위가 수정된 정사영상을 만들기 위해 촬영당시의 경도, 위도, 높이 등의 Sensor Model, Coefficients 및 Camera Calibration Data에 대한 정보가 필요한데 고해상도 위성 카메라는 이러한 요소들이 기존 위성과 달리 극히 복잡한 메카리즘으로 구성되어 있다.
- RPC 조정은 기존 Camera모형에 비해 사용하기 쉽고, 내, 외부 표정요소를 공개할 필요가 없으며, 이미지당 72개의 parameter만 필요하다. 외부표정은 위성에 장착되어 있는 GPS, Gyro, Star Trackers 정보를 이용해서 구하며 이러한 요소들을 위성영상에서의 Line과 Sample의 관계식으로 해석된다.
- 각 scan line별로 중심투영이 이루어지고 외부표정요소인 투영중심(PC(t)) 및 자세(roll(t), pitch(t), yaw(t))가 달라진다.
- 특히 위성영상은 촬영 도중에도 복잡한 자세를 갖기 때문에 RPC로 조정하면 표정요소 구현이 쉽게 가능하며, 정확도 손실이 거의 없다. 이러한 이유에 근거하여 향후 고해상도 위성들도 RPC가 제공 될 것으로 예상된다.
- 공선조건식을 이용한 센서모형이나 위성의 궤도역학을 이용한 벡터 진행 모형 등과 같은 물리적 센서모형과는 달리 위성의 궤도나 표정요소 없이 다수의 지상기준점을 이용하여 영상의 좌표관측으로 위성의 센서모델링이 가능하다.
- Polynomials Image Geometry Model을 통한 RPC는 관측방정식의 분모, 분자가 고차함수의 다항식으로 구성됨. RPC의 기본 식은 다음과 같다.

$$x = \frac{P_1(X, Y, Z)}{P_2(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{m_2} \sum_{k=0}^{m_3} a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} \sum_{k=0}^{n_3} b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad \text{식(1)}$$

$$y = \frac{P_3(X, Y, Z)}{P_4(X, Y, Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m_1} \sum_{j=0}^{m_2} \sum_{k=0}^{m_3} c_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^{n_1} \sum_{j=0}^{n_2} \sum_{k=0}^{n_3} d_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad \text{식(2)}$$

x, y :영상의 행(row)과 열(column)

X, Y, Z : 지상 좌표 RPC의 기본 식(1), 식(2)을 고차함수로 풀면,

$$r = \frac{P_1(X, Y, Z)}{P_2(X, Y, Z)} = \frac{(1, Z, Y, X \dots Z^3, Y^3, X^3) \cdot (a_0, a_1 \dots a_{19})^T}{(1, Z, Y, X \dots Z^3, Y^3, X^3) \cdot (1, b_1 \dots b_{19})^T} \quad \text{식(3)}$$

$$c = \frac{P_3(X, Y, Z)}{P_4(X, Y, Z)} = \frac{(1, Z, Y, X \dots Z^3, Y^3, X^3) \cdot (c_0, c_1 \dots c_{19})^T}{(1, Z, Y, X \dots Z^3, Y^3, X^3) \cdot (1, d_1 \dots d_{19})^T}$$

r= 정규화된 row, c= 정규화된 column

X, Y, Z : 정규화된 지상좌표

○ RPC에서 관측된 영상좌표와 지상좌표는 다음 방법으로 정규화하였다.

$$r_n = \frac{r_u - r_0}{r_s} \quad X_n = \frac{X_u - X_0}{X_s} \quad c_n = \frac{c_u - c_0}{c_s} \quad \text{식(4)}$$

$$Y_n = \frac{Y_u - Y_0}{Y_s} \quad Z_n = \frac{Z_u - Z_0}{Z_s} \quad \text{식(5)}$$

X_n, Y_n, Z_n : 정규화된 지상 좌표값

X_u, Y_u, Z_u : 비 정규화 된 지상 좌표값

X_0, Y_0, Z_0 : 3차원 지상좌표의 Offset Values

X_s, Y_s, Z_s : 3차원 지상좌표의 Scale Values

r_n, c_n : 정규화된 행과 열

r_u, c_u : 비 정규화된 행과 열

r_u, c_u : 2차원 영상좌표의 Offset Values

r_s, c_s : 2차원 영상좌표의 Scale Values

- RPC은 Iterative Least Squares를 통해 구할 수 있다. 먼저 RFM 관측방정식을 선형화하여 편미분을 하였다. 위의 식(4)를 행렬로 정리하여 RPC 값을 구하기 위해 다음의 선형화하는 방법을 수행하였다.

$$V_r = \left[\frac{1}{V} \quad \frac{Z}{B} \quad \frac{Y}{B} \quad \frac{X}{B} \quad \dots \quad \frac{Y^3}{B} \quad \frac{X^3}{B} \quad -\frac{rZ}{B} \quad -\frac{rY}{B} \right. \\ \left. -\frac{rX}{B} \dots -\frac{rY^3}{B} -\frac{rX^3}{B} \right] \cdot J - \frac{r}{B}$$

$$V_c = \left[\frac{1}{D} \quad \frac{Z}{D} \quad \frac{Y}{D} \quad \frac{X}{D} \quad \dots \quad \frac{Y^3}{D} \quad \frac{X^3}{D} \quad -\frac{cZ}{D} \quad -\frac{cY}{D} \quad -\frac{cX}{D} \right. \\ \left. \dots -\frac{cY^3}{D} -\frac{cX^3}{D} \right] \cdot K - \frac{c}{D}$$

$$B = (1 \quad Z \quad Y \quad X \quad \dots \quad Z^3 \quad Y^3 \quad Z^3) \cdot (1 \quad b_1 \quad \dots \quad b_{19})^T$$

$$D = (1 \quad Z \quad Y \quad X \quad \dots \quad Z^3 \quad Y^3 \quad Z^3) \cdot (1 \quad d_1 \quad \dots \quad d_{19})^T$$

$$J = (a_0 \quad a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_{19} \quad b_1 \quad \dots \quad b_{19})^T$$

$$K = (c_0 \quad c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_{19} \quad d_1 \quad \dots \quad b_{19})^T$$

위 식에서 식을 행렬로 표현하면,

$$\left(\frac{V_r}{V_c} \right) = \begin{pmatrix} M & 0 \\ 0 & N \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} J \\ K \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ C \end{pmatrix} \quad \text{식(6)} \quad V = TI - G \quad \text{식(7)}$$

$$T^T W^2 T I - T^T W^2 G = 0 \quad \text{식(8)}$$

여기서

$$M = \begin{pmatrix} 1Z_1 \dots X_1^3 - rZ_1 \dots - rX_1^3 \\ 1Z_2 \dots X_2^3 - rZ_2 \dots - rX_2^3 \\ \vdots \\ 1Z_n \dots X_n^3 - rZ_n \dots - rX_n^3 \end{pmatrix} \quad \text{식(9)}$$

$$N = \begin{pmatrix} 1Z_1 \cdots X_1^3 - cZ_1 \cdots - cX_1^3 \\ 1Z_2 \cdots X_2^3 - cZ_2 \cdots - cX_2^3 \\ \vdots \\ 1Z_n \cdots X_n^3 - cZ_n \cdots - cX_n^3 \end{pmatrix} \quad \text{식(10)}$$

$$R = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_n \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix}, \quad W = \begin{pmatrix} W_r & 0 \\ 0 & W_e \end{pmatrix} \quad \text{식(11)}$$

$$W_r = \begin{pmatrix} \frac{1}{B} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{B_2} & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{B_n} \end{pmatrix}, \quad W_e = \begin{pmatrix} \frac{1}{D_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{D_2} & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{D_n} \end{pmatrix} \quad \text{식(12)}$$

로 나타난다.

본 연구에서는 RPC 자료와 DEM 자료를 이용하여 정사보정을 수행하였다.

다. 영상분류(Image classification)

- 위성영상 자료에서의 분류는 인공위성을 비롯한 원격탐사 자료로부터 보내진 자료를 이용하여 지표 물을 구성하고 있는 물체에 대한 유사한 radiance값을 갖는 것끼리 서로 묶어서 유한한 수의 집단을 만들어주는 것을 말한다.
- 위성영상의 분류기법은 원격탐사를 이용하여 수집된 데이터들을 분석하여 유용한 주제 정보를 추출할 수 있는데 이러한 데이터는 정보로 변환될 수 있다. 이러한 정보들을 추출하기 위하여 가장 자주 이용되는 방법이 분류기법이다.
- 분류기법은 특정지역의 화상에서 여러 영역의 전자파 스펙트럼을 모으는 것과 화상을 적절하게 등록(registration)하는 것을 말하며 크게 감독분류(Supervised Classification)와 무감독분류(Unsupervised Classification) 두 가지의 방법 존재한다.
- 감독분류는 영상 분석자가 영상에 존재하는 다양한 토지피복 종류를 컴퓨터의 알고리즘에 분류를 위해 Training Area 로 지정하여 모든 픽셀을 그룹화 시켜 주는 것이다.

- 감독분류작업을 하기 위해선 사용자가 알고 있는 피복형태의 대표적인 샘플지역을 Training Area 로 설정을 해야하고 영상에 존재하는 모든 픽셀들은 Training Area가 포함하고 있는 각 항목의 수치 값과 비교되어 가장 유사하게 보이는 항목들의 명칭에 따라 할당, 구분되어 분류되는 방법을 감독분류라 한다.
- 감독분류에도 여러 가지 방법이 있는데 최대우도법을 이용한다. 최대우도법(Maximum Likelihood Classification ; MLC)은 알려지지 않은 픽셀들을 분류할 경우, Training area 자료를 형성하는 점 개체군의 분포는 Gaussian 분포를 따른다. 각 항목들의 분광 반응패턴의 분산 및 공분산 두 가지 모두를 수량적으로 계산하여 분류하는 방법을 말한다. 최대우도법은 인공위성영상 자료를 이용하여 분류를 수행하는 연구에서 가장 많이 사용되고 있는 기법으로서 정확도가 비교적 높은 감독분류 기법이지만 모든 픽셀을 분류하는데 필요한 연산식이 엄청나게 많다는 단점이 있다.
- Maximum Likelihood 분류자의 효율을 향상시키기 위해서는 Maximum Likelihood 알고리즘에 Lookup Table을 적용해서 영상 안에 존재하는 모든 DN값들의 가능한 조합의 항목명칭을 실제 영상분류작업보다 먼저 결정하는 방법이 있으며 또한 분류작업을 실행하는 데 이용되는 자료의 수를 줄여, 그것으로 분류를 실행하는 방법(Principal, Canonical Component)등이 있다.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Cov_c|)] - [0.5 (X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)]$$

where, D = weighted distance(likelihood)

c = a particular class

M = the measurement vector of the candidate pixel

M_c = the mean vector of the sample of class c

a_c = percent probability that any candidate pixel is a member of class c (defaults to 1.0, or is entered from a priori knowledge)

Cov_c = the covariance matrix of the pixels in the sample of class c

$|Cov_c|$ = determinant of Cov_c (matrix algebra)

Cov_c^{-1} = inverse of Cov_c (matrix algebra)

$\ln$ = natural logarithm function

T = transposition function (matrix algebra)

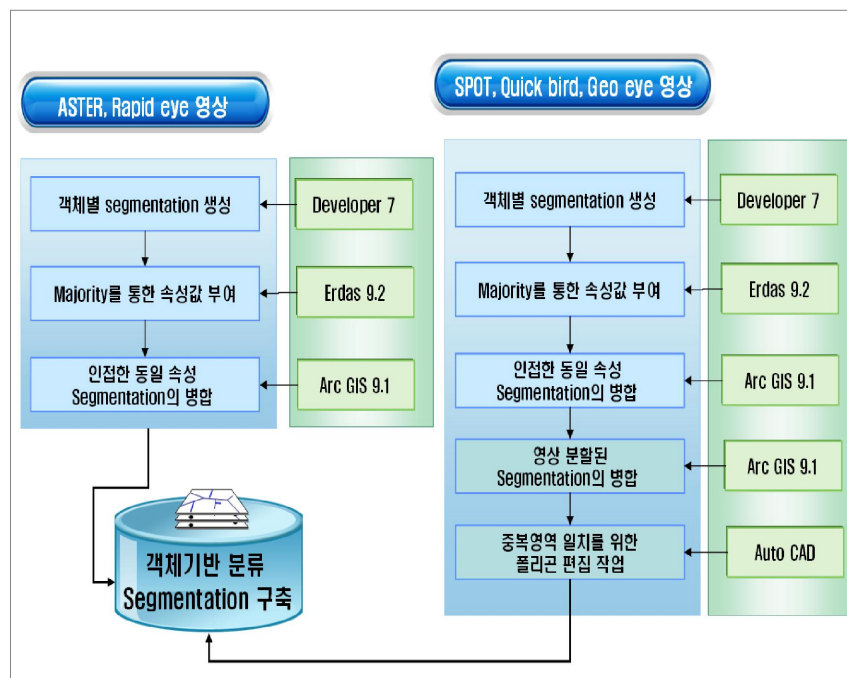
- 본 연구에서는 감독분류 MLC, 방법을 이용하였으며 Classification Training area 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역으로 선정하여 Training area 로 선정하였고, 기타지역 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계 이외의 지역은 모두 기타(도시구조물, 콘크리트, 비닐하우스)로 선정하였다.
- False color Image(4/3/1)을 기반으로 감독분류를 수행하였으며 분류 내삽에 있어서는 3차중첩내삽법(cubic convolution)을 이용하여 화소의 크기를 재배열(Resampling)하였다.

라. 객체기반 분류(Objective based Classification)

- 21세기에 들어오면서 1×1m 이하의 공간해상도를 가진 원격탐사 자료를 제공하는 IKONOS 및 QuickBird와 같은 원격탐사 시스템의 개발이 실현되었다. 하지만 유감스럽게도 단일화소 분석에 기초한 분류 알고리즘은 때로는 고해상도 원격탐사 자료로부터 우리가 원하는 정보를 추출하지 못하였다.
- 예를 들어, 도시지역은 복잡한 분광 특성 때문에 화소단위에 기초한 분류방법은 도로, 지붕 같은 인공적인 물질과 식생과 토양 그리고 물과 같은 자연대상을 분류하는데 어려움이 있었다.
- 이러한 필요성 때문에 객체지향 영상분할(object-oriented image segmentation)에 기초한 영상분류 알고리즘이 만들어진다. 이 알고리즘은 일반적으로 영상분할을 할 때 분광 정보와 공간정보를 동시에 이용한다. 결과적으로 모양이나 분광정보에 있어서 균일한 영역이라고 정의되는 영상객체(image object)가 만들어진다. 이는 경관 생태학 분야에서의 조각(segment) 또는 패치(patch)와 유사하다.
- 또한 객체는 영상 자료에서만 추출되는 것이 아니라 고도, 경사, 향, 인구밀도와 같이

공간적으로 분포된 어떤 변수에서도 추출될 수 있다. 이때 균일한 영상객체는 전통적인 분류 알고리즘(예, 최근린분류법, 최소거리법, 최대우도법) 또는 지식기반 기법 및 퍼지 분류 논리를 사용하여 분석하였다.

- 영상을 상대적으로 균일한 영상객체로 분할하는 데 사용할 수 있는 많은 알고리즘이 있는데 대부분 두 가지 종류, 즉 경계기반 알고리즘과 영역기반 알고리즘으로 나눌 수 있다. 유감스럽게도 대부분의 경우 분광정보와 공간정보를 모두 사용하지 않으며 극소수만이 디지털 원격탐사 영상을 분류하는데 사용되고 있다.
- 본 연구에서는 Developer7에서 객체기반 분류를 수행하였으며 각 위성영상별 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행하였다. 생성된 결과물에 대하여 편집과정을 수행하였으며 <그림 5-10>은 객체기반 분류처리 흐름을 나타내고 있다.



<그림 5-10> 객체기반 분류처리 흐름도

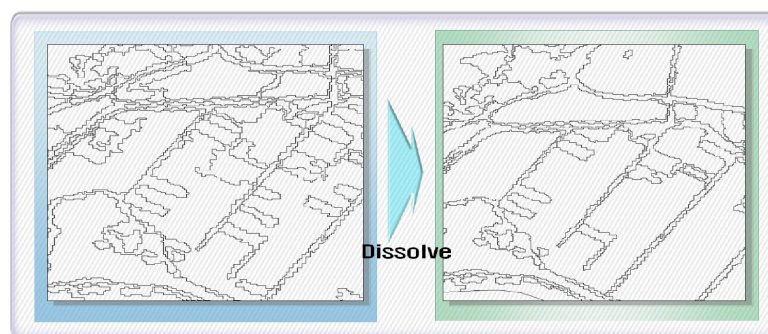
- 우선 segmentation된 폴리곤은 속성 값을 가지고 있지 않기 때문에 각각의 폴리곤에 대하여 속성 값을 부여하였다.

- 본 연구에서는 속성 값을 부여하기 위하여 Majority방법을 이용하였으며 Majority방법은 객체 기반 분류 결과로 생성된 백터의 공간을 기준으로 전체 픽셀분류 결과 중 우점을 차지하는 분류 결과 값이 객체 기반 segmentation결과물의 공간의 속성으로 정의되는 방식이다. Majority는 ERDAS Imagine Software에서 제공하는 Vector Utilities모듈을 사용하였다.



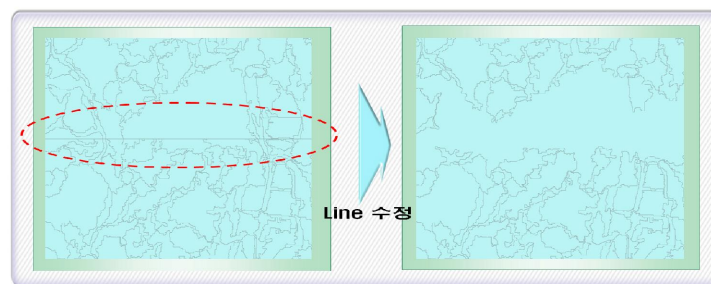
<그림 5-11> segmentation 결과물의 속성정보 입력

- Majority를 통하여 속성 정보가 입력된 객체 기반 segmentation 결과물에서 동일한 속성 값을 가지고 있는 인접한 segmentation들에 대해서는 하나의 동일한 폴리곤으로 병합하는 작업을 수행하였다. Arc GIS 프로그램을 이용하여 Dissolve 기능을 이용하여 논, 밭, 수계, 산림, 기타 항목에 대하여 동일한 속성 값을 가지고 있는 인접한 segmentation들을 하나의 폴리곤으로 병합하는 작업을 수행하였다.



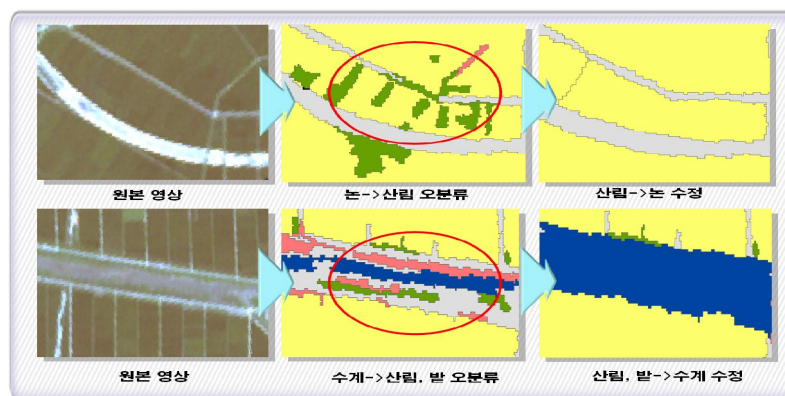
<그림 5-12> segmentation 결과물의 폴리곤 병합

- 영상 분할을 통하여 segmentation을 수행한 결과물에 대해서는 Merge 작업을 통하여 하나의 segmentation으로 병합하였다. 분할한 영상에 의해 생성된 segmentation의 경우 위성영상 중복 영역에서 완벽하게 일치하는 영역을 확인하고, 이를 기준으로 서로 다른 Segment를 제거하는 방법으로 편집을 수행하였다.
- 또한 일부 GeoEye, QuickBird 영상의 중첩되지 않는 segmentation 결과물 에 대해서는 CAD 프로그램을 폴리곤 편집 작업을 수행하여 중복 영역을 일치시켰다.



<그림 5-13> segmentation 결과물 편집

- 병합된 segmentation 결과물을 대상으로 육안 판독으로 편집 및 수정하는 작업을 ARC GIS 프로그램을 이용하여 수행하였다. 분류 항목에서 논, 밭을 중심으로 수정 작업을 수행하였다. <그림 5-14>는 토지피복(Land cover) 기반 결과물을 토지 이용(Land used)형태의 결과물로 수정하는 결과를 나타내고 있다.



<그림 5-14> segmentation 속성정보 수정

마. 현장 조사

- 위성영상별 경지 면적 산출 결과 값에 대한 정확도 평가를 위하여 현장조사를 수행하였다. 현장조사를 수행함에 앞서 Erdas Imagine의 Accuracy Assessment 를 이용하여 분류 맵에 대한 Assessment point 100개를 생성한 후 각 클래스별(논, 밭, 산림, 수계, 기타)로 생성된 포인트에 대한 좌표 값을 획득하였다.
- GPS 수신기를 이용하여 획득된 좌표 값 지역에 대한 Assessment point의 현장 정보를 취득하여 분류 정확도의 Reference 자료를 구축하였다.
- Reference 자료를 구축함에 있어 GPS 수신기에서 취득되는 좌표정보는 WGS 84좌표계이며 영상 데이터를 비롯한 분류맵 좌표는 TM 좌표이므로 Assessment point 자료의 좌표체계 변환을 수행하였다.



<그림 5-15> 현장조사 사진

바. 정확도 평가

- 원격탐사 분야 전문가들의 지속적인 관심대상 중 또 다른 분야가 바로 분류정확도에 대한 평가이다. 위성원격탐사자료로부터 분류된 결과를 객관적이고 정확하게 평가하는 것은 위성영상 활용범위를 결정하는데 있어서 매우 중요한 과정 중 하나이다.

- 분류결과와 정확도를 표현하는 가장 보편적인 방법 중 하나는 분류에러 매트릭스를 작성하는 것이다. 에러 매트릭스는 항목 vs 항목에 대해, 알고 있는 참조자료(실제 지표 자료)와 분류된 결과물들 사이의 일치성을 비교하여 놓은 것을 말하는 것이다.
- 본 연구에서는 위성영상별 경지면적 결과물에 대한 분류 정확도 평가를 위하여 본 연구에서는 Erdas Imagine의 Accuracy Assessment 방법을 이용하여 분류 정확도를 평가하였다.
- 정확도 평가를 위하여 Assessment point 100개에 대한 현장 조사 값을 Reference 자료로 입력하여 각 클래스별 전체 정확도와 사용자 정확도 및 생산자 정확도를 평가하였다.
- 이와 같이 보통 정확도 평가방법에는 오차행렬을 이용한 전체정확도와 사용자 및 생산자 정확도뿐만 아니라 Kappa 계수로 정확도를 많이 평가하고 있다. 또한 아래의 식을 이용하여 특정 분류항목의 사용자 및 생산자 정확도도 평가할 수 있는 전체정확도(Overall Accuracy)와 Kappa 계수를 이용하여 분류 정확도를 평가하였다.
- Kappa 계수는 바르게 분류된 화소에서 우연히 바르게 분류될 수 있는 화소를 제거하고 순수하게 분류된 화소만을 고려하여 정확도 평가를 하려는 의도에서 도입된 통계량이다.
- Kappa 계수와 전체정확도(Overall Accuracy)의 알고리즘은 다음과 같다.

$$K_{\text{hat}} \text{ Coefficient} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \times X_{+i})}$$

$$\text{User's Accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_{i+}}$$

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{X_{ii}}{X_{+i}}$$

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N}$$

where, r = the number of rows in the matrix

x_{ii} = the number of observations in row i and column i

x_{i+} and x_{+i} = the marginal totals for row i and column i

N = the total number of observations

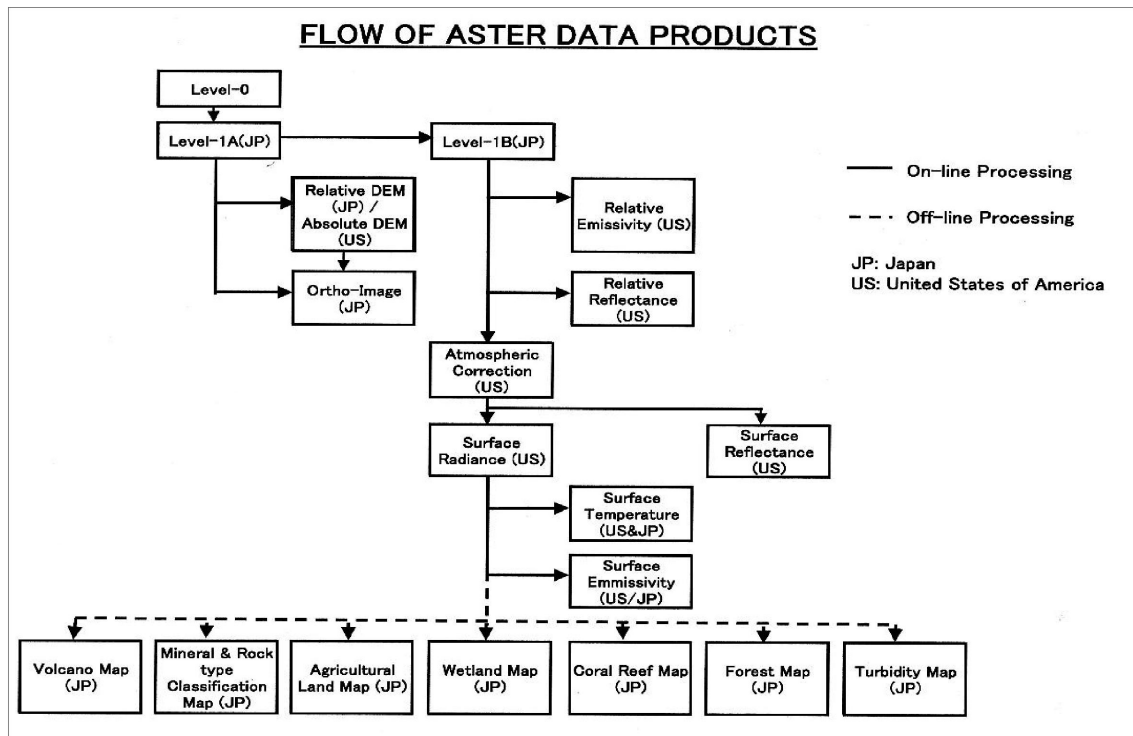
4. 위성영상 분석을 통한 경지면적 산출

가. ASTER

1) 위성영상 자료 전처리

○ ASTER 영상의 경우 다양한 PRODUCT LEVEL 데이터 제공이 가능함으로써 기하보정 및 정사보정 작업이 완료된 영상 자료를 이용하여 별도의 처리과정을 생략할 수 있다.

○ <그림 5-16>, <그림 5-17>은 ASTER 영상 자료의 프로덕트별 흐름도와 보정 정보를 보여주고 있다.



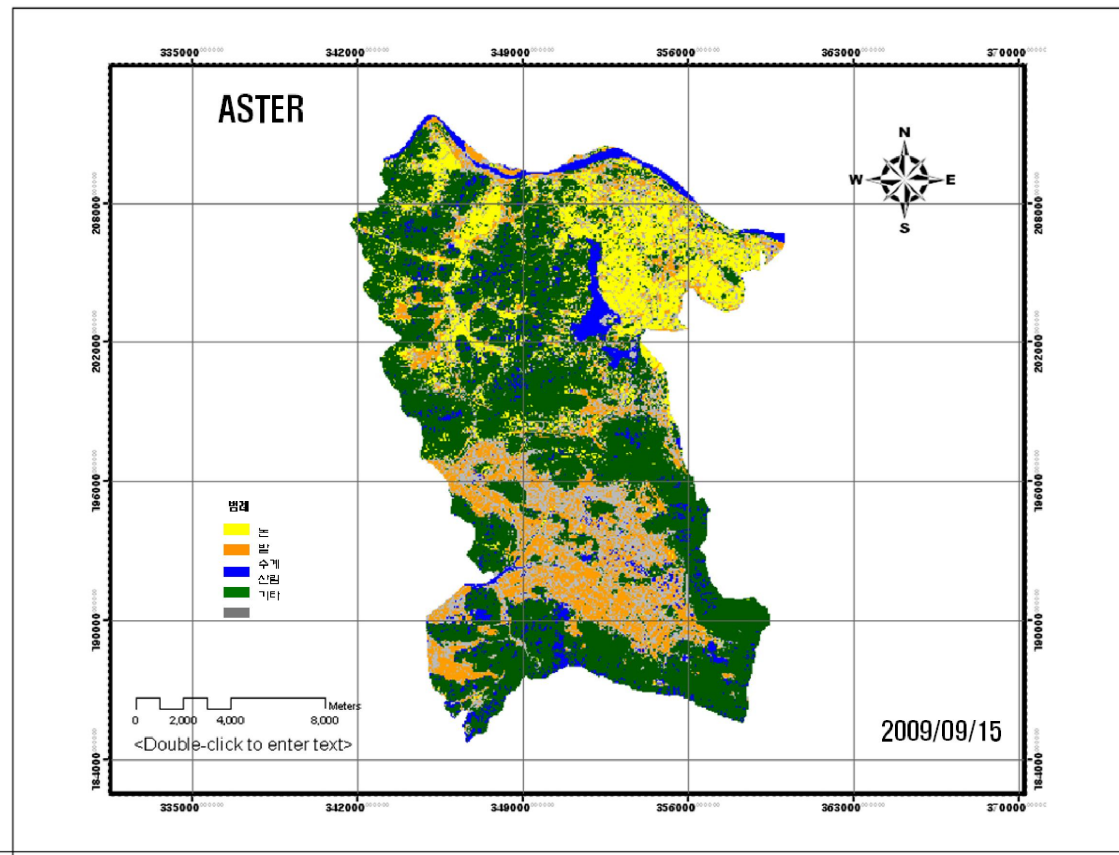
<그림 5-16> ASTER 영상 자료의 프로덕트별 흐름도

	Product Name	Description	Resolution
Standard	Level 1A	This product is georectified and realigned instrument observation data. Geometric correction and radiometric calibration coefficients are appended but not applied. This product, therefore, does not match a map of any projection type.	V (15m) S (30m) T (90m)
	Level 1B	This product is created by applying the radiometric and geometric correction coefficients contained in Level 1A. This product, therefore, matches a map of the projection method used in the L1B processing. This product can derive physical quantities such as radiance and temperature using the numerical (DN) values in the image data.	V (15m) S (30m) T (90m)
	Relative Spectral Emissivity (2A02)	This product is a decorelation stretched image of ASTER TIR data. This product, therefore, offers an overview that enhances emissivity variations which are originally feeble in the TIR ranges.	90m
	Relative Spectral Reflectance VNIR (2A03V)	This product is a decorelation stretched image of ASTER VNIR data to enhance reflectance variations.	15m
	Relative Spectral Reflectance SWIR (2A03S)	This product is a decorelation stretched image of ASTER SWIR data to enhance reflectance variations.	30m
	Surface Radiance VNIR (2B01V)	This product is generated by applying atmospheric correction to ASTER VNIR data.	15m
	Surface Radiance SWIR (2B01S)	This product is generated by applying atmospheric correction to ASTER SWIR data.	30m
	Surface Radiance TIR (2B01T)	This product is generated by applying atmospheric correction to ASTER TIR data.	90m
	Surface Reflectance VNIR (2B05V)	This product contains surface reflectance converted from radiance for ASTER VNIR data after applying atmospheric correction.	15m
	Surface Reflectance SWIR (2B05S)	This product contains surface reflectance converted from radiance for ASTER SWIR data after applying atmospheric correction.	30m
	Surface Temperature (2B03)	This product contains surface temperatures of ASTER's five thermal infrared bands calculated by applying temperature-emissivity separation to atmospherically corrected surface radiance TIR (2B01T) data.	T (90m)
	Surface Emissivity (2B04)	This product contains surface emissivity of ASTER's five thermal infrared bands calculated by applying temperature-emissivity separation to atmospherically corrected surface radiance TIR (2B01T) data.	T (90m)
Semi-standard	Orthographic Image (3A01)	This product is orthographic ASTER image generated from relative DEM (4A01) data, and is free from geographical distortions due to elevation differences. Elevation data for the geographical position corresponding each pixel is appended.	0.015m×0.011m S 0.03m×0.011m T 0.09m×0.011m
	Relative DEM Z(4A01Z)	This product offers relative elevation data extracted from stereoscopic data acquired in VNIR 3B [multi-looking] and 3B [backward-looking] bands.	Z (Default 30m)

<그림 5-17> ASTER 영상 자료의 프로덕트별 보정 정보

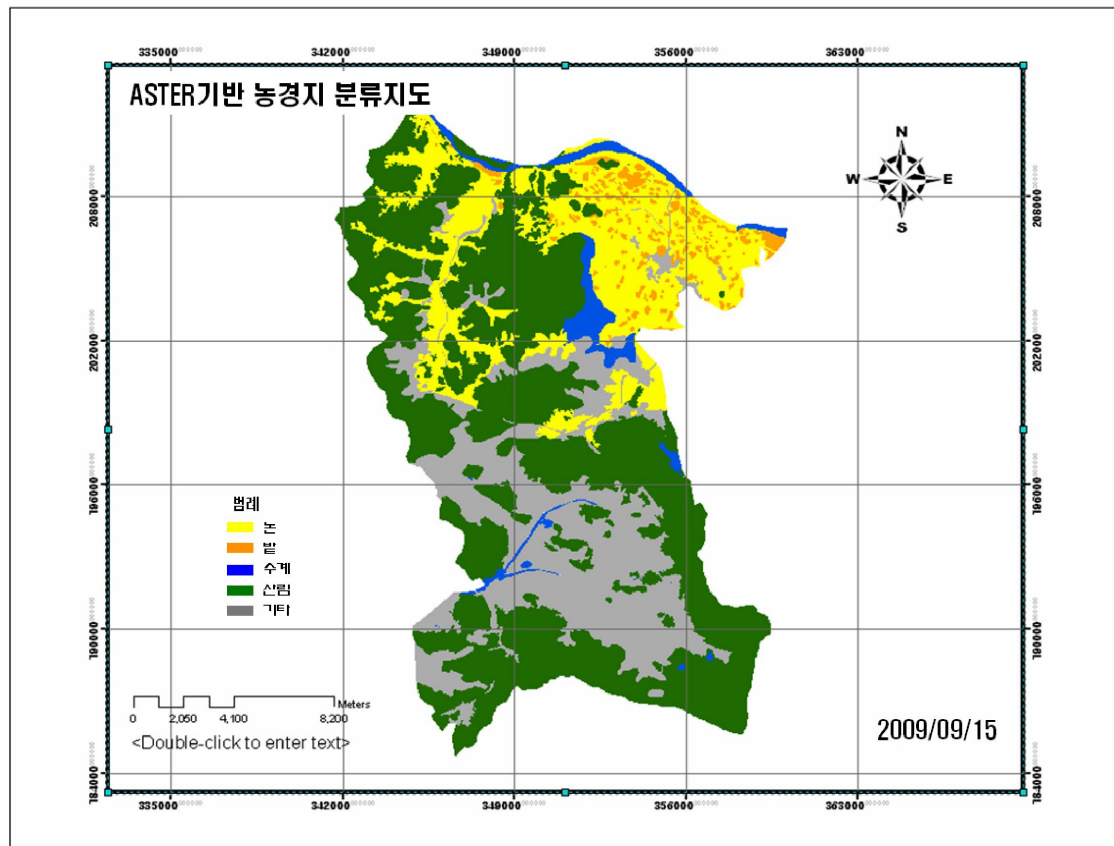
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성

- ASTER 영상은 감독분류 MLC, 방법을 이용하였으며 Classification Training area 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역으로 선정하여 Training area 로 선정하였다.
- 기타지역 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계 이외의 지역은 모두 기타(도시구조물, 콘크리트, 비닐하우스)로 선정하였다.
- False color Image(4/3/1)을 기반으로 감독분류를 수행하였으며 분류 내삽에 있어서는 3차중첩내삽법(cubic convolution)을 이용하여 화소의 크기를 (15m×15m)로 영상을 재배열(Resampling)하였다. <그림 5-18>은 ASTER의 감독분류 영상 결과를 보여주고 있다.



<그림 5-18> ASTER기반 감독분류

- 객체기반 분류는 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행하였으며 MLC 감독분류 결과 값과 segmentation과의 Majority를 통하여 객체기반 분류맵을 작성하였다.
- 작성된 분류맵은 인접한 동일 속성 및 분할된 segmentation의 병합작업과, 폴리곤 편집 작업을 통하여 ASTER 영상기반 경지 분류맵을 구축하였다. <그림 5-19>는 ASTER 영상기반 경지 분류맵을 보여주고 있다.



<그림 5-19> ASTER기반 농경지 분류지도

3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가

- 위성영상별 경지 면적 산출 결과 값에 대한 정확도 평가를 위하여 현장조사를 수행 하였으며 조사 point 100개를 생성한 후 각 클래스별(논, 밭, 산림, 수계, 기타)로 생성된 포인트에 대한 창원 지역의 현장 좌표 값을 획득하였다(부록 3 참조).
- 논, 밭, 산림, 수계, 기타에 대한 현장 조사 자료 99 point와 ASTER 영상기반 경지 분류맵과의 정확도 평가를 수행하였다. ASTER 영상기반 경지 분류맵에 대한 정확도는 다음 표와 같다.

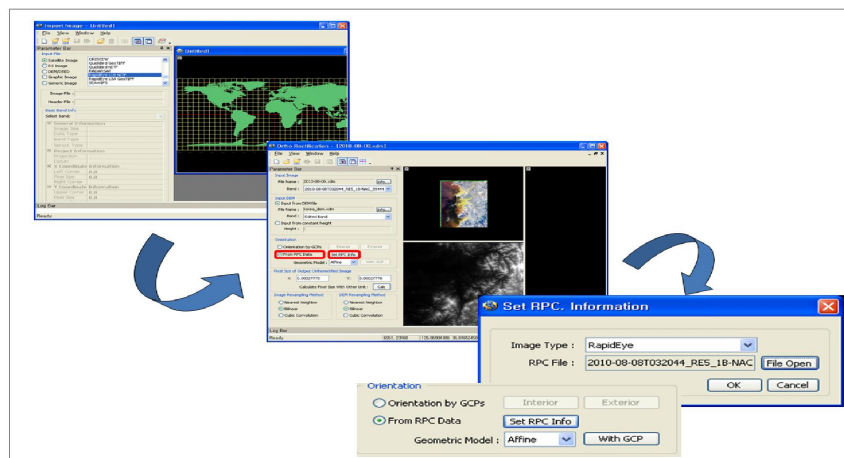
<표 5-6> ASTER 분류 정확도 평가

분류 정확도 평가							열 합계	사용자 정확도
		기타	논	밭	산림	수계		
분류값	기타	8	0	2	0	1	11	73
	논	0	32	2	1	0	35	91
	밭	2	5	21	1	0	29	72
	산림	0	3	0	15	0	18	83
	수계	0	0	0	0	6	6	100
행 합계		10	40	25	17	7	전체정확도/ Kappa 계수	
생산자 정확도		80	78	84	88	86	82%/0.76	

나. RapidEye

1) 위성영상 자료 전처리

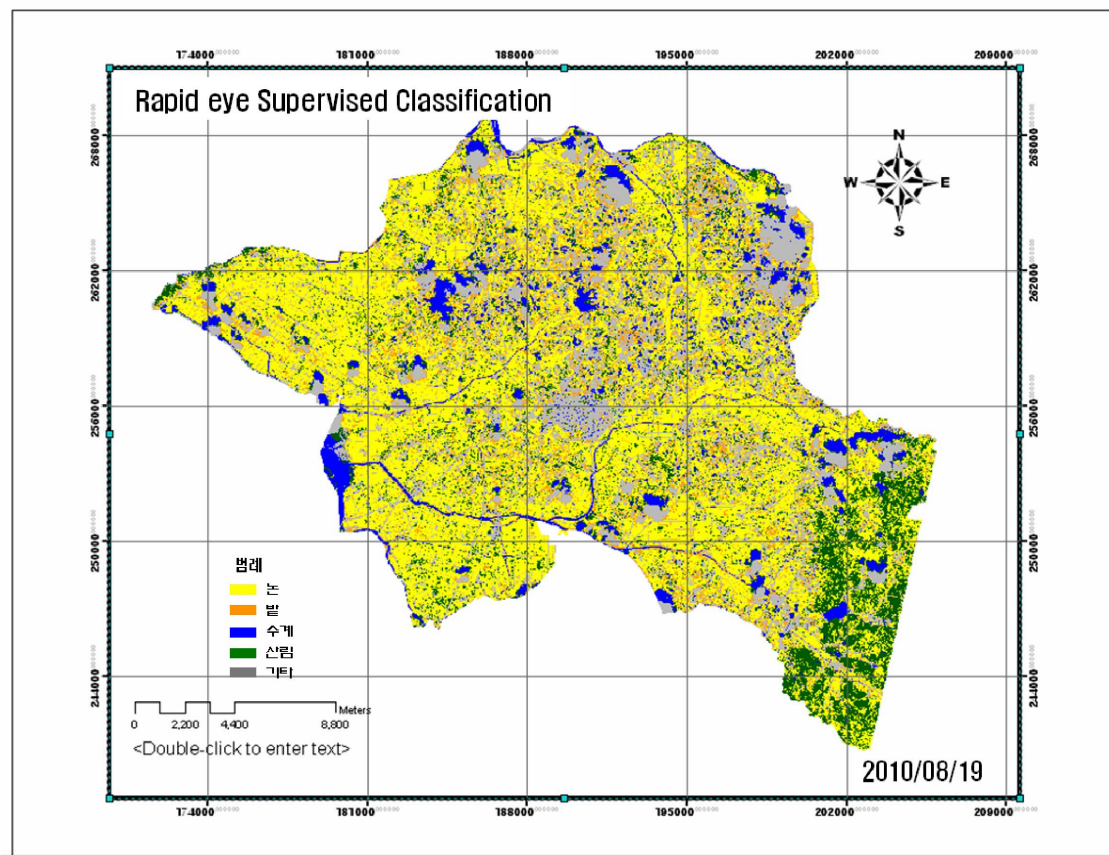
- QuickBird 영상의 기하보정 처리에 있어 Reference 자료로 국토지리 정보원에서 제공하는 1:5,000 수치지도 및 위성영상 자료를 활용하였다.
- RapidEye 영상자료의 정사보정을 수행함에 있어 PG STEAMER 프로그램에서 제공하는 Ortho Rectification 기능을 사용하여 DEM 자료 및 RPC 자료를 이용하여 정사보정을 수행하였다.



<그림 5-20> RapidEye 정사보정

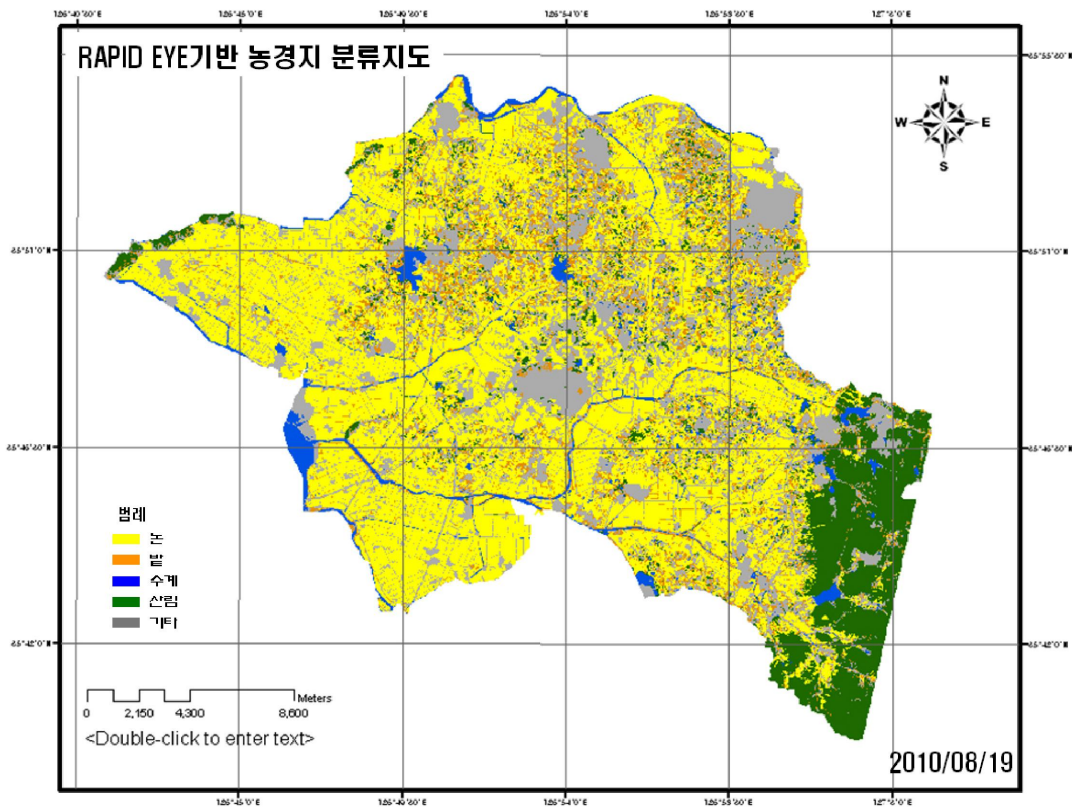
2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성

- RapidEye 영상은 감독분류 MLC, 방법을 이용하였으며 Classification Training area 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역으로 선정하여 Training area 로 선정하였다.
- 기타지역 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계 이외의 지역은 모두 기타(도시구조물, 콘크리트, 비닐하우스)로 선정하였다.
- False color Image(4/3/1)을 기반으로 감독분류를 수행하였으며 분류 내삽에 있어서는 3차중첩내삽법(cubic convolution)을 이용하여 화소의 크기를 (5m×5m)로 영상을 재배열(Resampling)하였다. <그림 5-21>은 RapidEye의 감독분류 영상 결과를 보여주고 있다.



<그림 5-21> RapidEye기반 감독분류

- 객체기반 분류는 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행하였으며 MLC 감독분류 결과 값과 segmentation과의 Majority를 통하여 객체기반 분류맵을 작성하였다.
- 작성된 분류맵은 인접한 동일 속성 및 분할된 segmentation의 병합작업과, 폴리곤 편집 작업을 통하여 RapidEye영상기반 경지 분류맵을 구축하였다. <그림 5-22>는 RapidEye 영상기반 경지 분류맵을 보여주고 있다.



<그림 5-22> RapidEye기반 농경지 분류지도

3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가

- 위성영상별 경지 면적 산출 결과 값에 대한 정확도 평가를 위하여 현장조사를 수행 하였으며 Assessment point 100개를 생성한 후 각 클래스별(논, 밭, 산림, 수계, 기타)로 생성된 포인트에 대한 창원 지역의 현장 좌표값을 획득하였다(부록 3 참조).

○ 논, 밭, 산림, 수계, 기타에 대한 현장 조사 자료 100 point와 RapidEye 영상기반 경지 분류맵과의 정확도 평가를 수행하였다.

○ RapidEye 영상기반 경지 분류맵에 대한 정확도는 다음 표와 같다.

<표 5-7> RapidEye 분류 정확도 평가

분류 정확도 평가							열 합계	사용자 정확도
		기타	논	밭	산림	수계		
분류값	기타	8	3	0	0	0	11	73
	논	1	62	2	2	0	67	93
	밭	0	1	5	0	0	6	83
	산림	0	0	1	8	0	9	89
	수계	0	0	0	0	7	7	100
행 합계		9	66	8	10	7	전체 정확도/ Kappa 계수	
생산자 정확도		89	94	63	80	100	90%/0.81	

다. SPOT-5

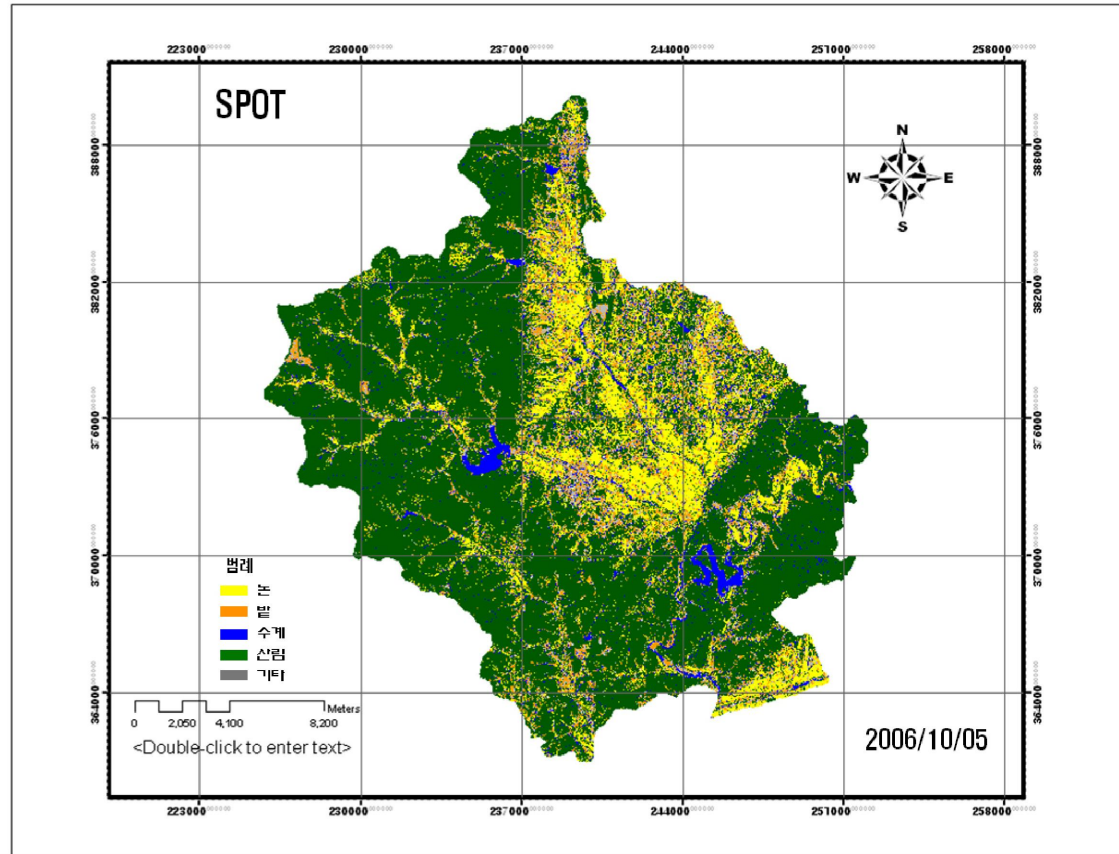
1) 위성영상 자료 전처리

○ SPOT-5 영상의 경우 기하보정 및 정사보정 작업이 완료된 영상 자료를 제공받으므로써 영상자료 처리과정을 생략하였다.

2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성

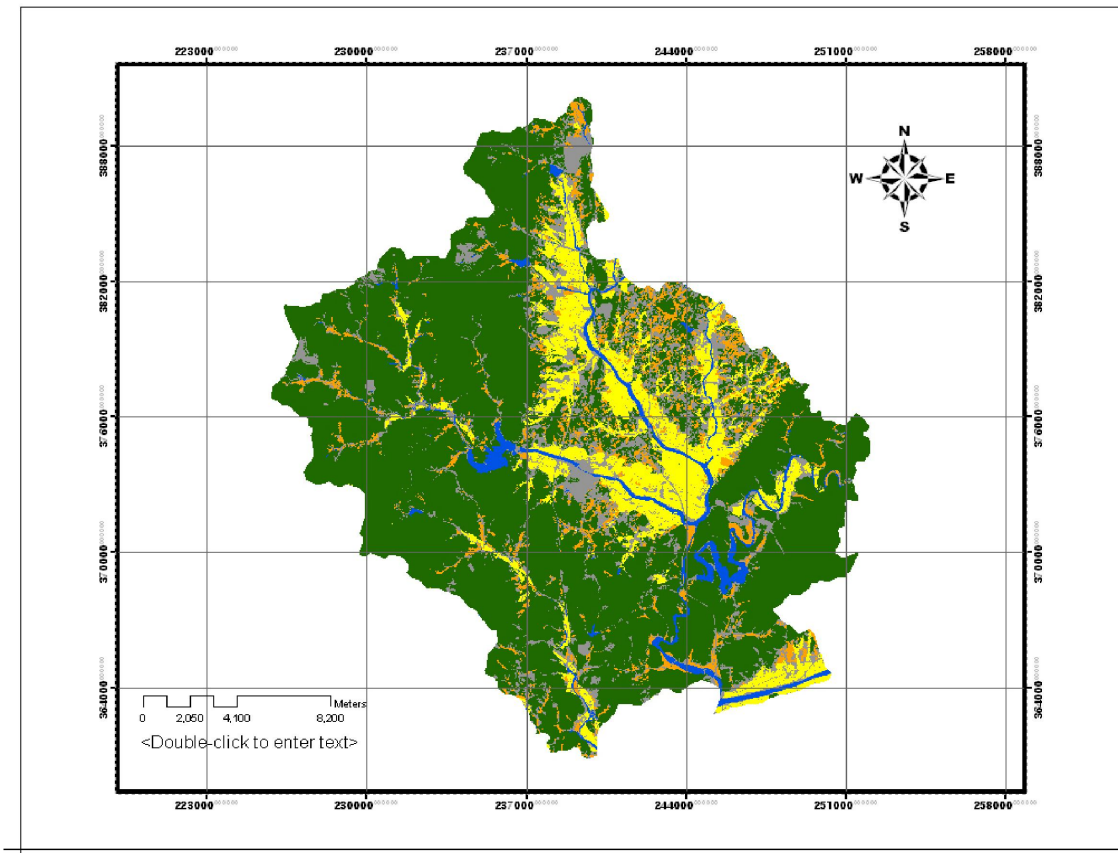
○ SPOT-5 영상은 감독분류 MLC, 방법을 이용하였으며 Classification Training area 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역으로 선정하여 Training area 로 선정. 기타지역 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계 이외의 지역은 모두 기타(도시구조물, 콘크리트, 비닐하우스)로 선정하였다.

- False color Image(4/3/1)을 기반으로 감독분류를 수행하였으며 분류 내삽에 있어서는 3차중첩내삽법(cubic convolution)을 이용하여 화소의 크기를 (2.5×2.5m)로 영상을 재배열(Resampling)하였다. <그림 5-23>은 SPOT-5의 감독분류 영상 결과를 보여주고 있다.



<그림 5-23> SPOT-5기반 감독분류

- 객체기반 분류는 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행하였으며 MLC 감독분류 결과 값과 segmentation과의 Majority를 통하여 객체기반 분류맵을 작성하였다. 대용량(1.5기가 이상) 영상의 경우 segmentation 분류 결과 값에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 작업 효율성 향상을 위하여 영상 분할을 수행하였다.
- 작성된 분류맵은 인접한 동일 속성 및 분할된 segmentation의 병합작업과, 폴리곤 편집 작업을 통하여 SPOT-5 영상기반 경지 분류맵을 구축하였다. <그림 5-24>는 SPOT-5 영상기반 경지 분류맵을 보여주고 있다.



<그림 5-24> SPOT-5기반 농경지 분류지도

3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가

- 위성영상별 경지 면적 산출 결과 값에 대한 정확도 평가를 위하여 현장조사를 수행 하였으며 Assessment point 100개를 생성한 후 각 클래스별(논, 밭, 산림, 수계, 기타)로 생성된 포인트에 대한 진천 지역의 현장 좌표값을 획득하였다(부록 3 참조).
- 논, 밭, 산림, 수계, 기타에 대한 현장 조사 자료 100 point와 SPOT-5 영상기반 경지 분류맵과의 정확도 평가를 수행하였다.
- SPOT-5 영상기반 경지 분류맵에 대한 정확도는 다음 표와 같다.

<표 5-8> SPOT-5 분류 정확도 평가

분류 정확도 평가							열 합계	사용자 정확도
		기타	논	밭	산림	수계		
분류값	기타	9	2	0	0	1	12	75
	논	0	41	4	0	0	45	91
	밭	2	2	17	0	0	21	80
	산림	0	1	2	9	0	12	75
	수계	0	0	0	1	9	10	90
행 합계		11	46	23	10	10	전체정확도/ Kappa 계수	
생산자 정확도		81	89	73	90	90	85%/0.79	

라. QuickBird

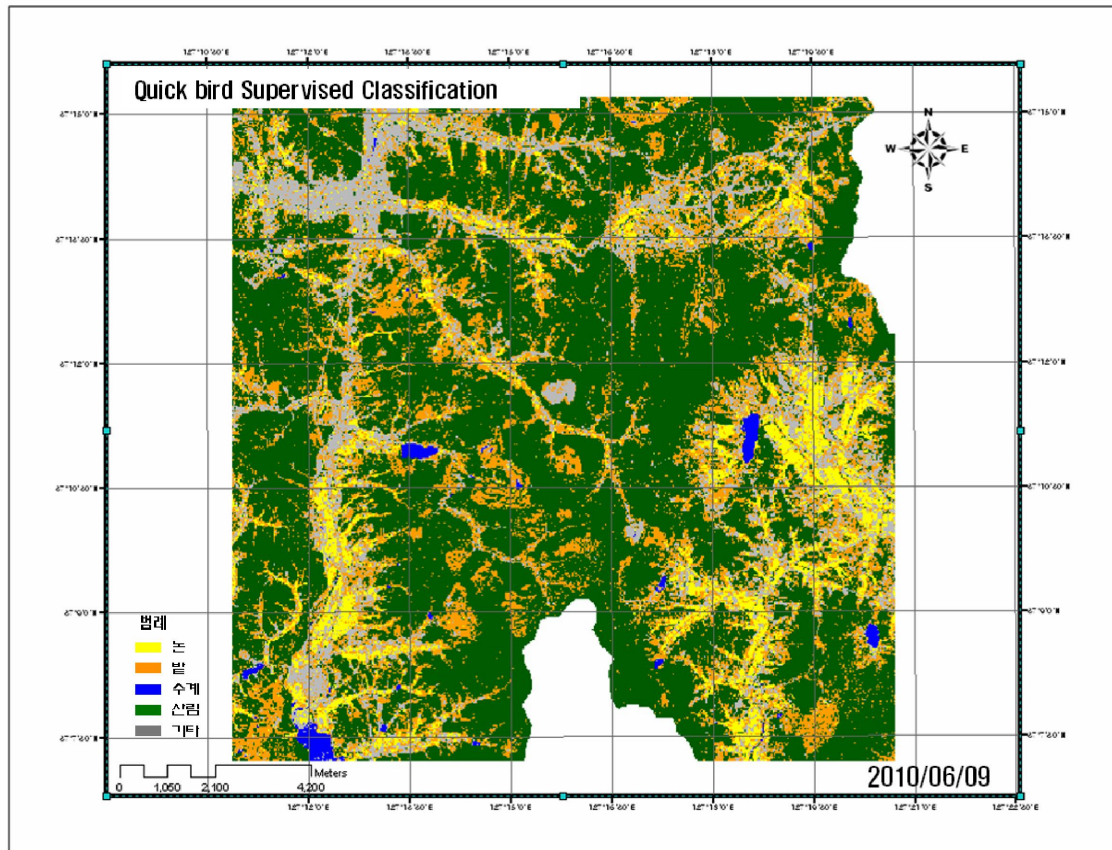
1) 위성영상 자료 전처리

- QuickBird 영상의 기하보정 처리에 있어 Reference 자료로 국토지리 정보원에서 제공하는 1:5,000 수치지도 및 위성영상 자료를 활용하였다. QuickBird 영상의 정사보정 처리에 있어 RPC 자료 및 DEM 자료를 활용하여 정사보정을 수행하였다.

2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성

- QuickBird 영상은 감독분류 MLC, 방법을 이용하였으며 Classification Training area 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역으로 선정하여 Training area 로 선정하였다.
- 기타지역 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계 이외의 지역은 모두 기타(도시구조물, 콘크리트, 비닐하우스)로 선정하였다.
- False color Image(4/3/1)을 기반으로 감독분류를 수행하였으며 분류 내삽에 있어서는 3차중첩내삽법(cubic convolution)을 이용하여 화소의 크기를 (0.6m×0.6m)로 영상을 재

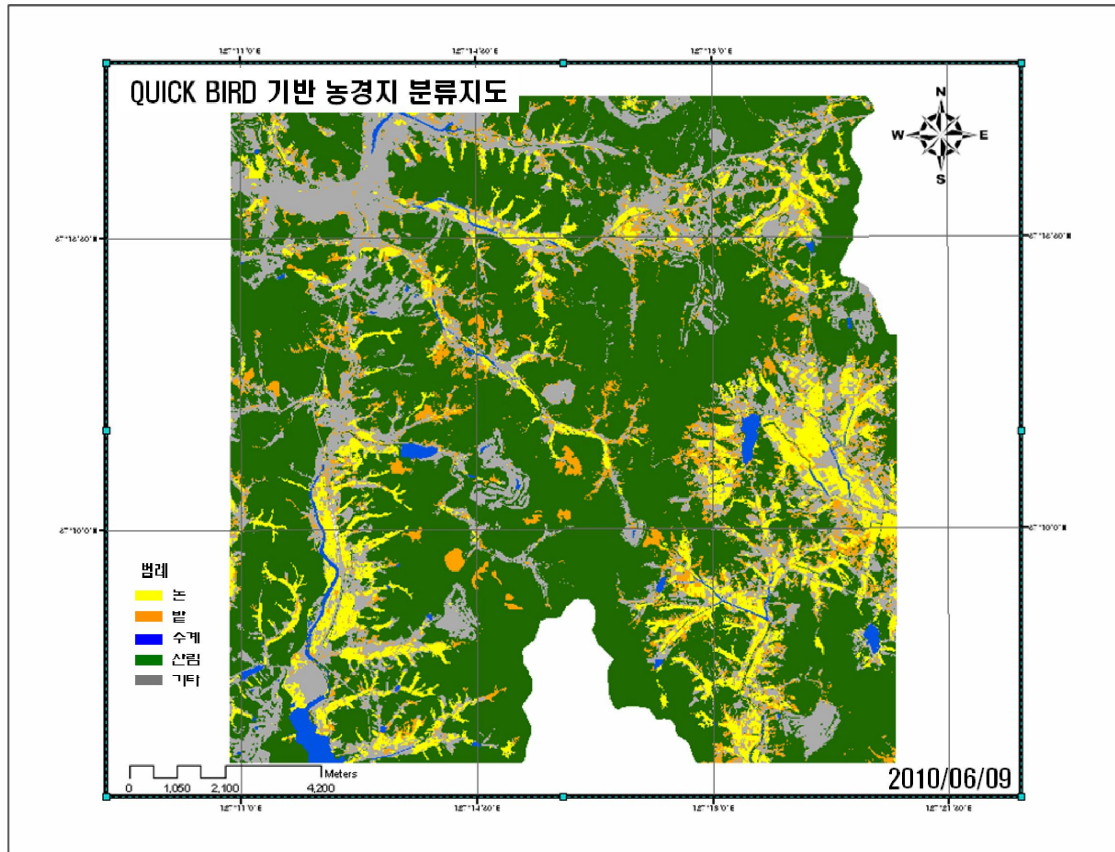
배열(Resampling)하였다. <그림 5-25>는 QuickBird의 감독분류 영상 결과를 보여주고 있다.



<그림 5-25> QuickBird기반 감독분류

- 객체기반 분류는 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행하였으며 MLC 감독분류 결과 값과 segmentation과의 Majority를 통하여 객체기반 분류맵을 작성하였다.
- 대용량(1.5기가 이상) 영상의 경우 segmentation 분류 결과 값에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 작업 효율성 향상을 위하여 영상 분할과 방사해상도를 8bit로 변환하는 영상 변환 작업을 수행하였다.
- 작성된 분류맵은 인접한 동일 속성 및 분할된 segmentation의 병합작업과, 폴리곤 편집 작업을 통하여 QuickBird 영상기반 경지 분류맵을 구축하였다. <그림 5-26>은

QuickBird 영상기반 경지 분류맵을 보여주고 있다.



<그림 5-26> QuickBird기반 농경지 분류지도

3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가

- 위성영상별 경지 면적 산출 결과 값에 대한 정확도 평가를 위하여 현장조사를 수행 하였으며 Assessment point 100개를 생성한 후 각 클래스별(논, 밭, 산림, 수계, 기타)로 생성된 포인트의 용인 지역 현장 좌표 값을 획득하였다(부록 3 참조).
- 논, 밭, 산림, 수계, 기타에 대한 현장 조사 자료 100 point와 SPOT 영상기반 경지 분류맵과의 정확도 평가를 수행하였다. QuickBird 영상기반 경지 분류맵에 대한 정확도는 다음 표와 같다.

<표 5-9> QuickBird 분류 정확도 평가

분류 정확도 평가							열 합계	사용자 정확도
		산림	기타	수계	논	밭		
분류값	산림	9	0	0	0	1	10	90
	기타	0	10	0	4	0	14	71
	수계	0	0	5	0	0	5	100
	논	0	3	0	55	4	62	88
	밭	0	1	0	0	8	9	89
행 합계		9	14	5	59	13	전체정확도/ Kappa 계수	
생산자 정확도		100	71	100	93	62	87%/0.78	

마. GeoEye

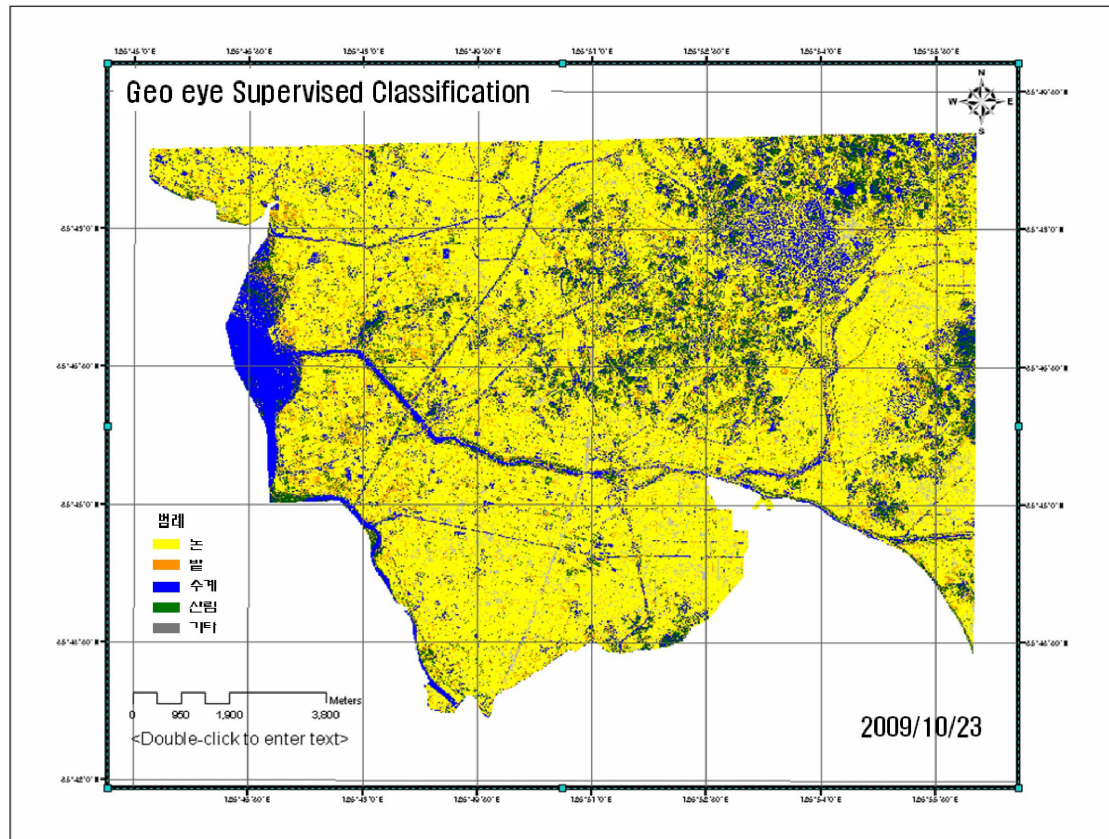
1) 위성영상 자료 전처리

- GeoEye 영상의 기하보정 처리에 있어 Reference 자료로 국토지리 정보원에서 제공하는 1:5,000 수치지도 및 위성영상 자료를 활용하였다.
- <표 5-17>은 기하보정 영상과 참조 영상에 대한 GCP, 참조 GCP 정보 및 RMS 에러 등에 대한 정보를 나타내고 있다. GeoEye 영상의 정사보정 처리에 있어 RPC 자료 및 DEM 자료를 활용하여 정사보정을 수행하였다.

2) 분류 기법을 이용한 경지 분류맵 작성

- GeoEye 영상은 감독분류 MLC, 방법을 이용하였으며 Classification Training area 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역으로 선정하여 Training area 로 선정하였고 기타지역 선정에 있어서는 논, 밭, 산림, 수계 이외의 지역은 모두 기타(도시구조물, 콘크리트, 비닐하우스)로 선정하였다.
- False color Image(4/3/1)을 기반으로 감독분류를 수행하였으며 분류 내삽에 있어서는

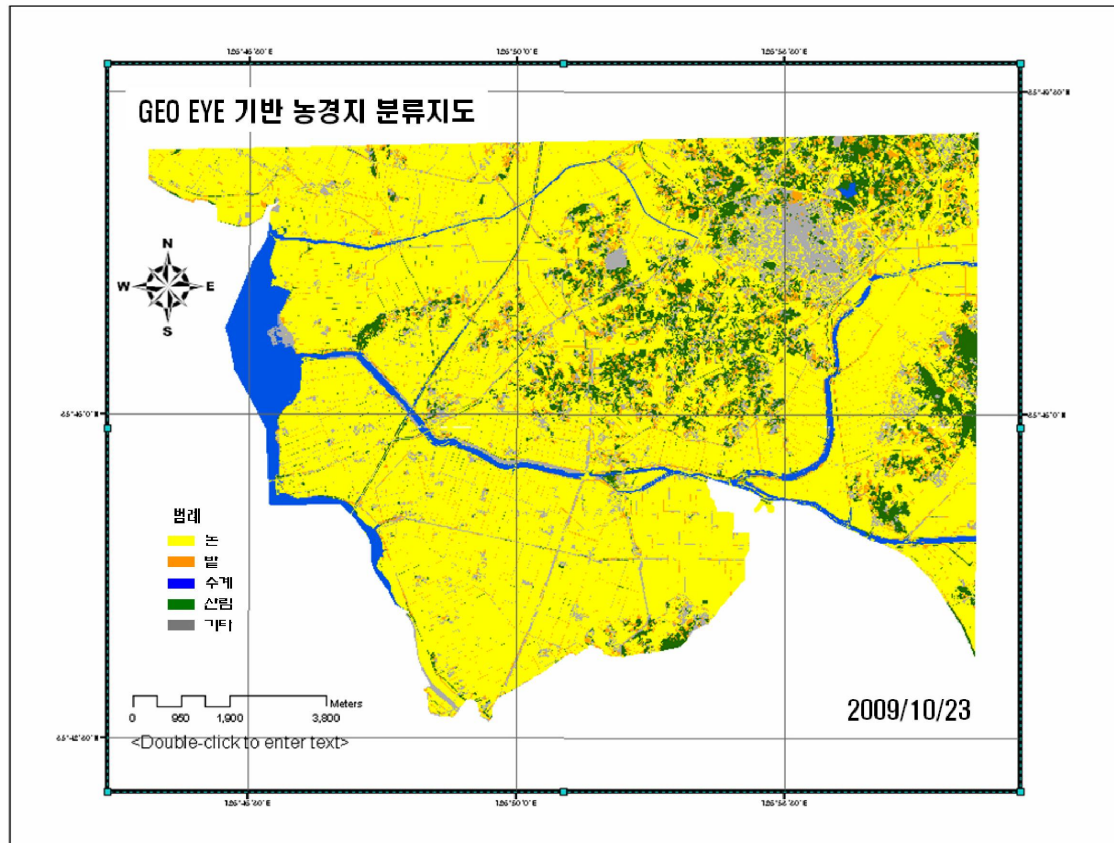
3차중첩내삽법(cubic convolution)을 이용하여 화소의 크기를 (0.6m×0.6m)로 영상을 재배열(Resampling)하였다. <그림 5-27>은 GeoEye의 감독분류 영상 결과를 보여주고 있다.



<그림 5-27> GeoEye기반 감독분류

- 객체기반 분류는 scale parameter 값을 50으로 하여 segmentation 작업을 수행하였으며 MLC 감독분류 결과 값과 segmentation과의 Majority를 통하여 객체기반 분류맵을 작성하였다.
- 대용량(1.5기가 이상) 영상의 경우 segmentation 분류 결과 값에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 작업 효율성 향상을 위하여 영상 분할과 방사해상도를 8bit로 변환하는 영상 변환 작업을 수행하였다.
- 작성된 분류맵은 인접한 동일 속성 및 분할된 segmentation의 병합작업과, 폴리곤 편집

작업을 통하여 GeoEye 영상기반 경지 분류맵을 구축하였다. <그림 5-28>은 GeoEye 영상기반 경지 분류맵을 보여주고 있다.



<그림 5-28> GeoEye기반 농경지 분류지도

3) 현장조사 자료를 이용한 분류맵 정확도 평가

- 위성영상별 경지 면적 산출 결과 값에 대한 정확도 평가를 위하여 현장조사를 수행 하였으며 Assessment point 100개를 생성한 후 각 클래스별(논, 밭, 산림, 수계, 기타)로 생성된 포인트에 대하여 용인 지역의 현장 좌표 값을 획득하였다(부록3 참조).
- 논, 밭, 산림, 수계, 기타에 대한 현장 조사 자료 100 point와 GeoEye 영상기반 경지 분류맵과의 정확도 평가를 수행하였다. GeoEye 영상기반 경지 분류맵에 대한 정확도는 다음 표와 같다.

<표 5-10> GeoEye 분류 정확도 평가

분류 정확도 평가							열 합계	사용자 정확도
		기타	논	밭	산림	수계		
분류값	기타	8	0	1	0	0	9	89
	논	2	55	1	1	0	59	93
	밭	0	1	11	0	0	12	91
	산림	0	0	1	14	0	15	93
	수계	0	1	0	0	4	5	80
행 합계		10	57	14	15	4	전체 정확도/ Kappa 계수	
생산자 정확도		80	96	79	93	100	92%/0.87	

5. 위성영상별 경지 면적 조사 효율성 비교 및 분석

가. 가격/공간해상도/촬영계획/촬영면적/입수기간 비교

- 본 연구에 사용된 위성영상별로 가격/공간해상도/한반도 촬영계획/촬영면적/입수기간을 비교해 본 결과 가격과 자료 입수기간 면에서는 ASTER 영상이 가장 효율적인 것으로 나타났으며, 촬영 면적에서는 RapidEye, 공간해상도 면에서는 GeoEye 영상이 가장 효율적인 것으로 나타났다. 촬영계획에 있어서는 모든 영상이 비 주기적인 것으로 확인되었다(<표 5-11>).

<표 5-11> 영상별 가격/공간해상도/한반도촬영주기/촬영면적/입수기간 비교

	가격(원)	공간해상도 (m)	한반도 촬영주기	촬영면적 (1 Scene)	입수기간 (주문촬영)
ASTER (일본)	300,000 (주문촬영 : 600,000)	15	일정하지 않음	3,600km ²	10일 (20일)
SPOT-5 (프랑스)	12,000,000 (유로화 변동에 따라 유동적)	2.5	일정하지 않음	3,600km ²	2달 이상
RapidEye (독일)	12,000,000 (유로화 변동에 따라 유동적)	5	일정하지 않음	4,900km ²	10 (30일)
QuickBird (미국)	15,890,000 (최소주문단위 140km ² 이상) 단가 : 55,000/km ²	0.65	일정하지 않음	289km ²	2달 이상
GeoEye (미국)	12,370,000 (최소주문단위 110km ² 이상) 단가 : 55,000/km ²	0.41	일정하지 않음	225km ²	2달 이상

나. 영상별 자료 처리 및 경지 면적 산출 공정기간 비교

○ 본 연구에 사용된 위성영상별로 자료 처리 및 경지 면적 산출 공정기간을 비교해 본 결과 영상을 입수하는 데에 있어 SPOT-5, QuickBird, GeoEye 영상은 보안관련 문제로 인하여 영상을 입수하는데 기간이 60이상 소요 되는 것으로 나타났으며 이는 보안 처리업체 및 관련기관의 상황에 따라 유동적인 것으로 나타났다.

○ 기하보정을 비롯한 분류, 보정에 있어서 상대적으로 촬영면적이 넓고 공간해상도와 데이터 용량이 높을수록 처리기간이 오래 걸리는 것으로 나타났다.

<표 5-12> 영상별 자료 처리 및 경지면적 산출 공정기간 비교

	영상입수 (주문)	자료전처리 (기하, 정사보정 등)	감독 분류	객체 분류	참고자료수집/ 분류결과보정	정확도 검증	총소요 일 수
ASTER	10 (20)	6	2	1	7	10	37
SPOT-5	60 이상	7	4	4	10	10	95
RapidEye	10 (30)	10	4	4	10	10	48
QuickBird	60 이상	9	4	3	11	10	97
GeoEye	60 이상	9	4	3	11	10	97

다. KOMPSAT-MSR 영상대비 위성영상별 경지 면적 조사 분석 장/단점 비교

- KOMPSAT-MSR 영상대비 ASTER 영상의 경지 면적 조사 분석 장/단점을 비교 분석해 본 결과 ASTER 영상의 경우 보안심사 생략 및 저용량으로 인하여 처리 및 분석기간을 단축 할 수 있는 장점이 있는 반면 공간 해상도 저하로 인한 분류 결과 정확도 저하와 한반도 촬영이 잘 이루어 지지 않는 단점이 있다.

<표 5-13> ASTER 영상 장/단점 비교

	ASTER 위성영상
장점	-저용량으로 인한 영상처리 및 분석 기간 단축 -광범위한 촬영범위로 인한 다량의 정보 획득 -보안심사 생략으로 인한 영상 입수 기간 단축 -저렴한 영상 비용 -다양한 분광 해상도 정보 획득 가능 -다양한 데이터 레벨 확보로 인한 공정기간 단축 -주문 촬영 가능 -객체기반 분류 결과 정확성 높음
단점	-공간 해상도가 낮음 -Product level별 판매에 따른 보정작업이 어려움 -시간해상도가 낮음 -위성 수명이 노후한 관계로 장기적인 자료 확보가 어려움 -한반도 촬영이 잘 이루어지지 않음 -아카이브 데이터 확보가 어려움

- KOMPSAT-MSR 영상대비 RapidEye 영상의 경지조사 분석 장/단점을 비교 분석해 본 결과 보안심사 생략 및 저용량으로 인하여 처리 및 분석기간을 단축 할 수 있으며, 촬영범위 대비 저렴한 영상비용, 시간 해상도 높음 등의 장점이 있는 반면 공간 해상도 저하로 인한 분류 결과 정확도 저하와 한반도 촬영이 잘 이루어 지지 않는 단점이 나타났다.

<표 5-14> RapidEye 영상 장/단점 비교

	RapidEye 위성영상
장점	-저용량으로 인한 영상처리 및 분석 기간 단축 -광범위한 촬영범위로 인한 다량의 정보 획득 -보안심사 생략으로 인한 영상 입수 기간 단축 -촬영범위 대비 저렴한 영상비용 -다양한 분광 해상도 정보 획득이 가능 -시간해상도 높음 -객체기반 분류 결과 정확성 높음 -주문 촬영 가능
단점	-공간 해상도가 낮음 -한반도 촬영이 잘 이루어지지 않음 -아카이브 데이터 확보가 어려움

- KOMPSAT-3C 영상대비 SPOT-5 영상의 경지 면적 조사 분석 장/단점을 비교 분석해 본 결과 저용량으로 인하여 처리 및 분석기간을 단축 할 수 있으며, 촬영범위 대비 저렴한 영상비용 등의 장점이 있는 반면 공간 해상도 저하로 인한 분류 결과 정확도 저하와 한반도 촬영이 잘 이루어 지지 않는 단점이 있다.

<표 5-15> SPOT-5 영상 장/단점 비교

	SPOT-5 위성영상
장점	- 저용량으로 인한 영상처리 및 분석 기간 단축 - 광범위한 촬영범위로 인한 다량의 정보 획득 - 아카이브 데이터의 확보율이 높음
단점	- 영상 해상도 대비 고비용 소요 - 보안심사로 인한 영상 입수기간 연장 - 공간 해상도가 낮음(밭작물 탐지 어려움) - 시간해상도가 낮음

- KOMPSAT-3C 영상대비 QuickBird 영상의 경지 면적 조사 분석 장/단점을 비교 분석해 본 결과 높은 공간 해상도로 인한 논, 밭 등의 토지피복 구성물 구분이 용이하며, 아카이브 데이터 확보율이 높은 장점을 지니고 있는 반면 자료 구매에 있어 고비용이 소요되는 단점을 나타내고 있다.

<표 5-16> QuickBird 영상 장/단점 비교

	QuickBird 위성영상
장점	- 공간해상도 높음 - 논, 밭 등 토지피복 구성물 구분이 용이함 - 아카이브 데이터의 확보율이 높음
단점	- 고비용 소요 - 보안심사로 인한 영상 입수기간 연장

- KOMPSAT-3C 영상대비 GeoEye 영상의 경지 면적 조사 분석 장/단점을 비교 분석해 본 결과 높은 공간 해상도로 인한 논, 밭 등의 토지피복 구성물 구분이 용이한 장점을 지니고 있는 반면 자료 구매에 있어 고비용이 소요되는 단점과 아카이브 데이터 확보율이 낮은 단점을 나타내고 있다.

<표 5-17> GeoEye 영상 장/단점 비교

	GeoEye 위성영상
장점	- 공간해상도 높음 - 논, 밭 등 토지피복 구성물 구분이 용이함
단점	- 고비용 소요 - 보안심사로 인한 영상 입수기간 연장 - 아카이브 데이터의 확보율이 낮음

라. 한반도 경지 면적 조사를 위한 위성영상별 효율성 분석 결과

<표 5-18> 위성영상별 논, 밭 분류 정확도 평가

		사용자 정확도(%)	생산자 정확도(%)
ASTER	논	91	78
	밭	72	84
SPOT-5	논	91	89
	밭	80	73
RapidEye	논	93	89
	밭	83	63
QuickBird	논	88	93
	밭	89	62
GeoEye	논	93	96
	밭	91	79

<표 5-19> 위성영상별 논, 밭 분류 효율성 검토

위성영상	논 탐지	밭 탐지	남한을 포함하는 전체 영상 수	주기성	가격(만원)	비고
ASTER	가능	어려움	약 28 scene	15일	840	-논 면적 가능 -밭 탐지 어려움 -수급 용이성이 높음 -경제성 높음
RapidEye	가능	부분가능	약 21 scene	1일	25,200	-논 면적은 가능 -밭 탐지 부분 가능 -수급 용이성이 높음 -경제성 높음
SPOT-5	가능	어려움	약 28 scene	26일	33,600	-논 면적은 가능 -밭 탐지 부분 가능 -수급 용이성이 낮음 -경제성 낮음
QuickBird	가능	부분가능	약 350scene	3-4일	544,500	-논 면적은 가능 -밭 탐지 가능 -수급 용이성이 낮음 -경제성 낮음
GeoEye	가능	부분가능	약 440 scene	2-3일	544,500	-논 면적은 가능 -밭 탐지 가능 -수급 용이성이 낮음 -경제성 낮음

○ 위성영상 자료 수급 용이성에 있어서 SPOT-5, QuickBird, GeoEye등은 보안심사 및 시간해상도에 따른 결과로 수급 용이성이 낮게 나타났으며, ASTER, RapidEye등은 수급 용이성이 높게 나타나고 있다(<표 5-12>참조).

○ 경제성에서는 다른 영상에 비해 상대적으로 해상도가 좋은 QuickBird, GeoEye등이 낮은 경제성을 보였으며, ASTER, SPOT-5, RapidEye는 QuickBird, GeoEye에 비해 상대적으로 좋은 경제성을 보였다(<표 5-19>참조).

○ 위성영상별 논 면적에 대한 분류 정확도는 <표 5-18>에서 보는 바와 같이 모든 영상에서 대체로 우수한 결과를 보였으나 RapidEye 및 GeoEye의 사용자 및 생산자 정확

도가 다른 영상에 비해서 다소 높게 나타남으로써 이 두 영상이 분류 정확도 면에서 가장 우수한 것으로 판단된다.

- 그러나 분류 정확도뿐만 아니라 <표 5-19>에서와 같이 경제성을 비롯한 기타 효율성을 비교해보면 GeoEye의 경우 한 Scene이 포함하는 면적이 RapidEye에 비해 작으며, 가격 또한 비싸므로 논 면적 분류를 위해 가장 효율적인 영상은 RapidEye인 것으로 사료된다.
- 또한 위성영상별 밭 면적 조사를 위한 분류 정확도는 <표 5-18>에서 보는 바와 같이 GeoEye와 QuickBird영상에서 가장 우수한 결과를 보였으나, <표 5-19>에서 보면 이 두 영상의 경제성을 비롯한 효율성은 가장 낮다. 따라서 분류정확도가 GeoEye와 QuickBird만큼은 아니지만 일정 수준 이상의 우수한 결과를 보였고, 경제성을 비롯한 효율성이 가장 좋은 RapidEye영상이 밭 면적 조사를 위한 최적의 영상인 것으로 사료된다.
- 따라서 이상의 논 면적 조사와 밭 면적 조사의 결과를 종합해 보면, 밭 면적 조사의 정확도면에서 GeoEye와 QuickBird영상에 비해 다소 부족한 면이 있지만 경제성을 비롯한 효율적인 측면에서 RapidEye영상이 경지면적조사를 위한 최적에 영상으로 판단된다.

마. RapidEye 영상을 이용한 논, 벼 전수 조사 사업 타당성 분석

- RapidEye 영상의 경우 매년 통계청에서 실시하는 논, 벼 생산량조사(9월 말경)에 앞서 한반도 전역의 논, 벼 전수 조사가 가능 할 것으로 판단된다.
- 논, 벼에 대한 모내기 기간이 종료 되는 시점(6월말 경)과 통계청 논, 벼 생산량 조사 시기(9월말 경)전에 논, 벼 면적에 대한 한반도 전역 전수 조사완료를 위한 사업 타당성을 분석하였다.

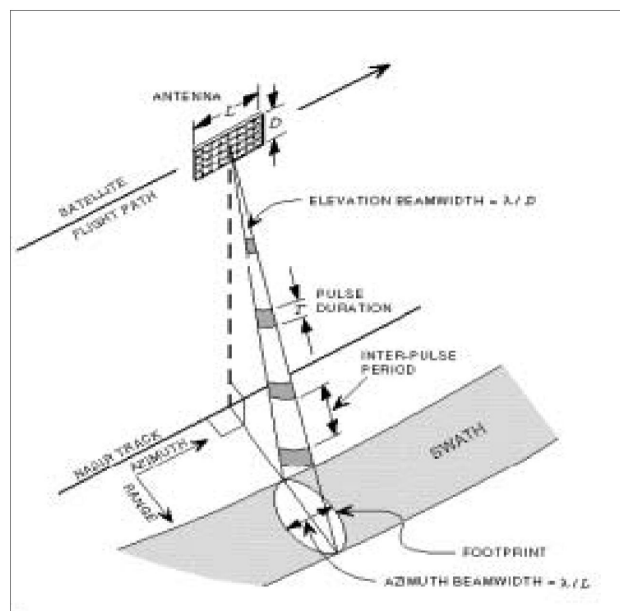
<표 5-20> RapidEye 논, 벼 전수 조사 사업 타당성 분석

영상 가격	· 약 10,000(만원)~15,000(만원) (주문촬영으로 촬영 지역이 남한 전역일 경우)
남한을 포함하는 전체 영상 수	· 약 21 scene
영상 확보 기간	· 약 30일 소요 (Cloudy Cover가 20%이상인 영상의 촬영 분량이 5일 분량 이내일 경우)
자료 처리 기간	· 1scene당 약 1개월 소요 -영상처리 고급기술자 2인, 중급기술자 10인 투입 -자료처리=기하보정+자료 전처리+객체기반 분류+수정 작업
총 소요 기간	· 약 60일 (영상 확보 약 30일 + 자료 처리 약 30일)
총 인건비	· 고급기술자 1인 146,580 * 30일 = 4,397,400 * 2명 = 13,192,200원 · 중급기술자 1인 135,082 * 30일 = 4,052,460 * 10명 = 40,524,600원 · 총계:53,716,800원 (2010년 대한측량협회 측량기술자 임금공표 기준)

제6장 SAR영상 활용 농업면적 조사 방안 마련

1. SAR 영상의 개요

- 레이더는 능동형 센서로 직접 대상물에 신호를 보내어 방사한 신호가 반사되어 돌아오는 것을 획득하여 대상물 위치에 대한 거리와 방향 정보를 반사 신호의 세기로 기록하게 되어 있다.
- SAR는 움직이는 레이더에서 수집된 신호 펄스 간 비교(pulse-to-pulse comparison) 방법을 이용하여 실제 안테나 빔폭이 제공하는 것보다 높은 방위방향 해상도를 얻는 방법을 말한다.
- 레이더 위성영상은 합성방법에 따라서 RAR(Real Aperture Radar)와 SAR(Synthetic Aperture Radar)로 나눌 수 있다.



<그림 6-1> SAR의 기본원리

○ SAR 영상의 장점

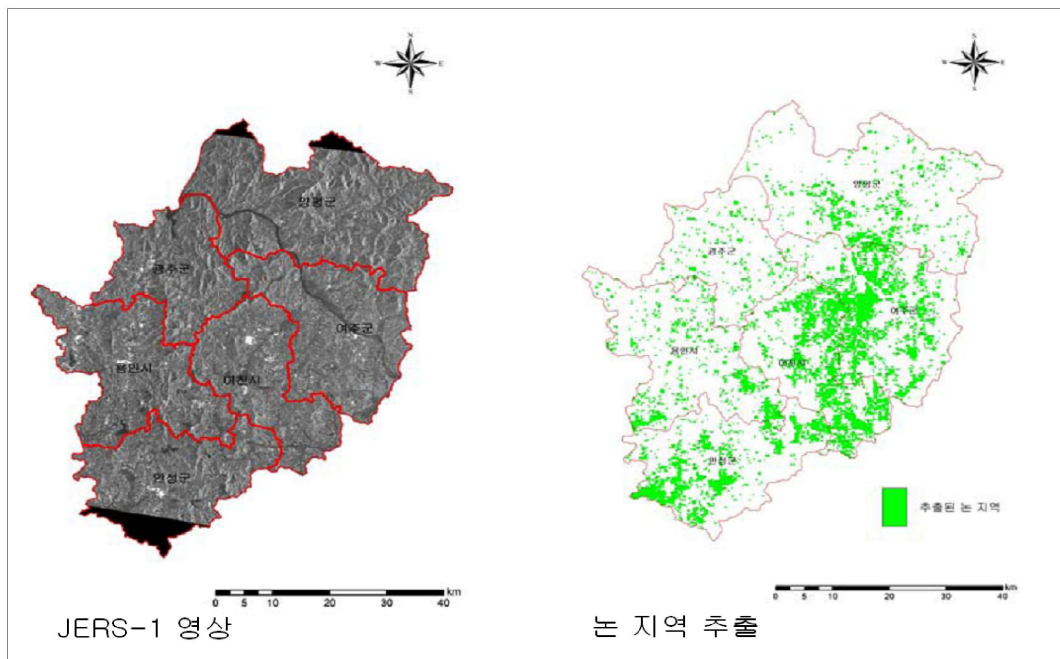
- 마이크로웨이브는 구름, 눈, 연기, 안개 등을 투과하는 성질이 있어 기상조건의 영향을 받지 않고 영상 취득이 가능하다.
- 반송파(carrier wave)를 발생하여 대상물체로부터 반사 및 산란되어 오는 파를 수신하는 능동센서이므로 낮과 밤 모두 관측이 가능하다.
- 마이크로웨이브는 물을 완전히 투과하지는 못하나 바다, 호수 등의 수체의 표면 작용들을 분석할 수 있어 해양 연구에 유용하다.
- 위상데이터(phase data), 진폭데이터(amplitude data)로 구성되어 있어 이를 이용하여 대상물체의 물리적인 특성을 추출할 수 있다.
- 광학센서와 달리 지형의 구조, 표면 거칠기, 토지에 함유된 수분량 등의 정보 취득가능하다.

○ 현재 운용되고 있는 SAR의 관측 모드는 스트립, 스팟라이트, 스캔 등이 있다.

- 스트립(strip) 모드 : 기본적인 영상모드로서 영상형성 범위는 비행방향과 직각인 지역에 대하여 띠 모양으로 영상을 형성
- 스팟라이트(spotlight) 모드 : 특정 목표물이나 물체를 식별하기 위하여 좁은 지역에 대하여 일반영상 합성시간 이상 동안 빔을 집중 조사하여 정밀한 영상을 형성
- 스캔(scan) 모드 : 안테나 빔폭 이상 넓은 지역의 영상을 획득하기 위하여 전자적으로 빔을 방출하면서 영상을 형성하는 모드로서 해상도는 상대적으로 가장 나빠짐. 위성탑재형의 경우 거리(range)방향으로 주사하여 관측 폭을 상대적으로 넓히는데 사용하며, 항공기탑재형의 경우 빔을 방위방향(azimuth)으로 주사하면서 Doppler beam sharpening 기법을 사용하여 영상을 중복·비교하여 이동물체를 탐지할 수도 있다.
- SAR 영상은 육지, 해양, 극지, 대기 원격탐사에 중요한 자료로써 다양한 연구가 이루어지고 있고, 현재 고해상도 SAR 영상과 다양한 편광 모드의 영상을 취득할 수 있는 위성들(TerraSAR-X, Radarsat-2)이 운용 중에 있다.
- 향후 우리나라도 2011년 발사예정인 KOMPSAT-5위성에 SAR 센서를 장착하므로 SAR 영상의 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상되며 농업분야에서도 많이 활용될 것으로 사료된다.

2. 농업분야에서의 SAR 영상의 활용사례

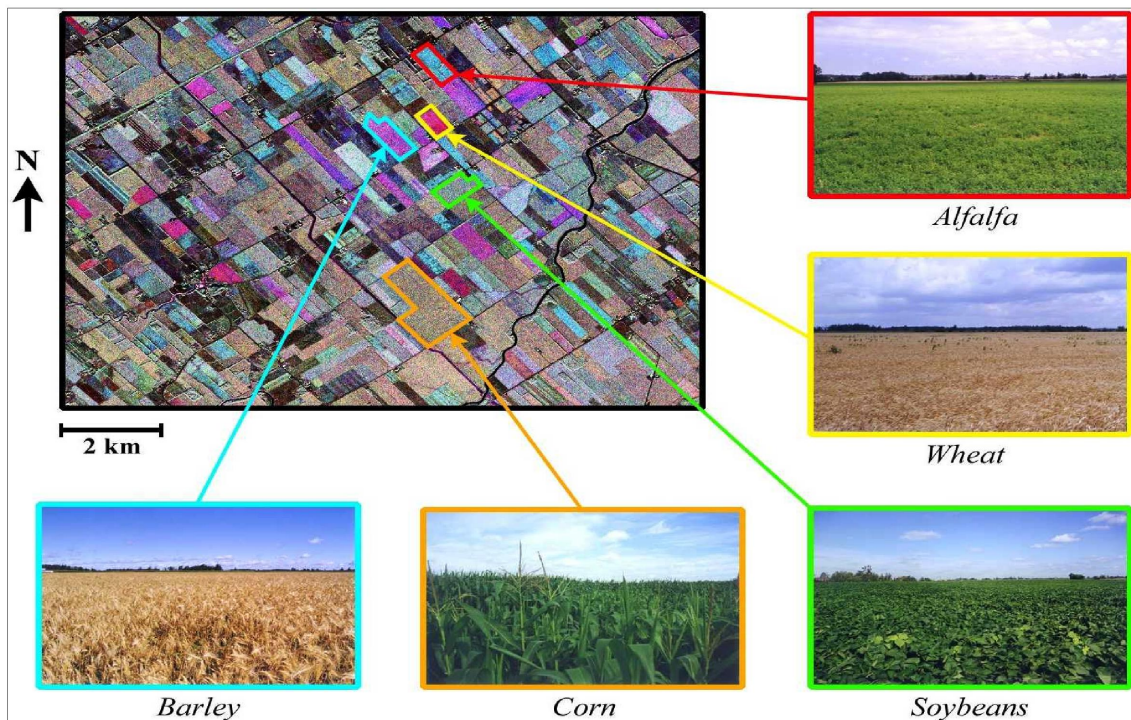
- 농작물의 활동이 활발한 봄과 여름에는 비가 많이 내리는 등 기상 조건이 나쁘지만 SAR를 이용하면 광학영상과 달리 기상조건에 영향을 받지 않고 자료를 취득할 수 있으므로 농업분야에서의 SAR 영상 자료의 활용은 매우 유용하다.
- SAR 영상자료는 국외적으로 미국, 캐나다등 농업 통계분야 선진국에서는 활발한 연구와 실용측면에서 활용 중에 있지만 국내에서는 SAR 자료를 이용한 농업분야에서의 관련 연구 및 활용이 미진한 실정이다.
- MODIS 영상과 JERS-1 영상을 이용한 논 면적 추출 사례
 - 250m 해상도의 시계열 MODIS 영상과 SAR 영상을 이용하여 경기도 일부 지역에 대한 논 면적 추출을 위하여 MVC(Maximum Value Composite) 기법과 MODIS 영상 기반 NDVI 영상을 Stack한 영상 및 JERS-1 영상과 Resolution Merge 하여 얻은 두 영상을 무감독 분류하여 논 지역을 추출한 사례이다.(2006, 윤성환)



<그림 6-2> MODIS 영상과 JERS-1 영상을 이용한 논 면적 추출

○ Airborne SAR 영상을 이용한 농작물 현황 파악

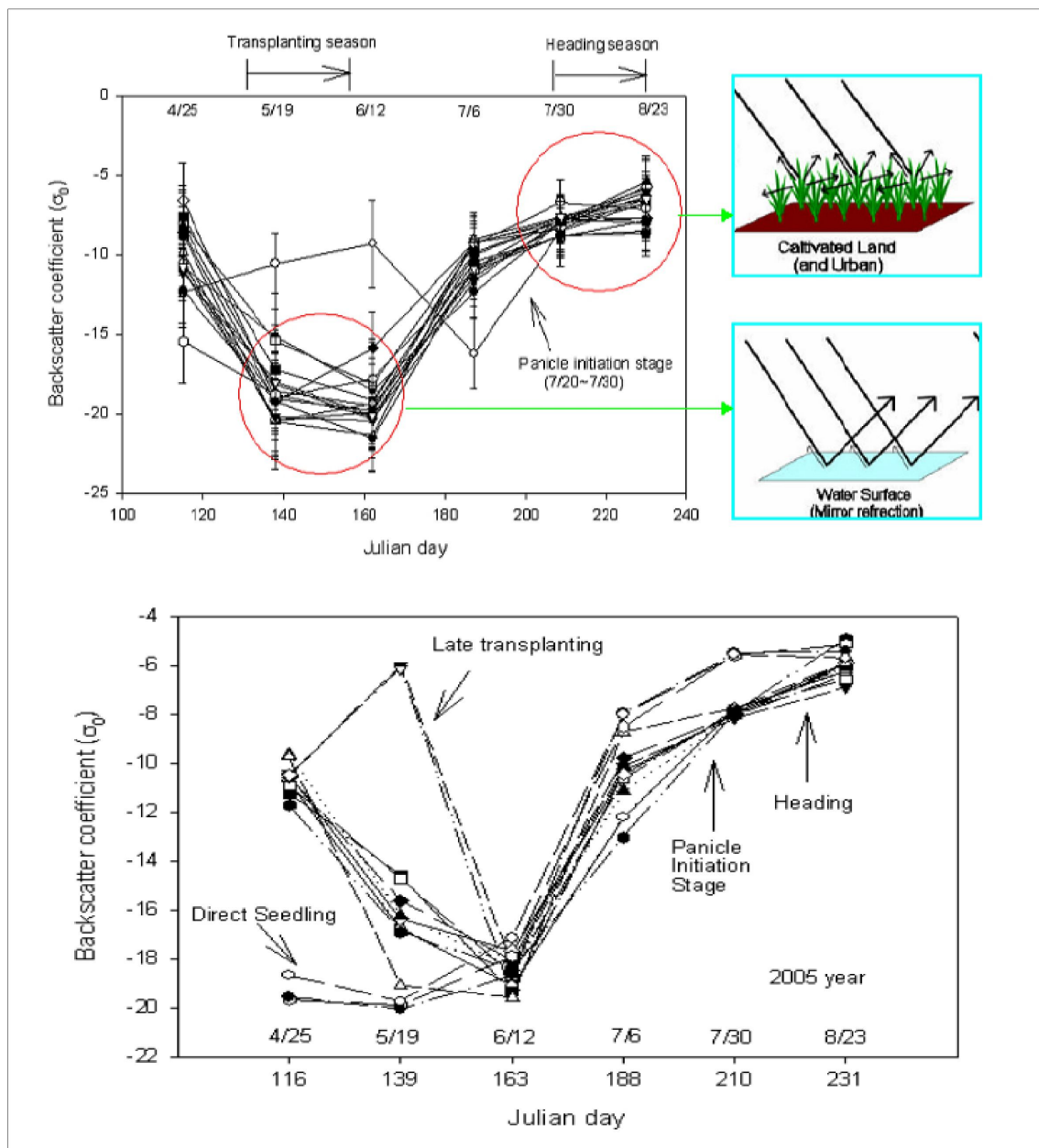
- Airborne CV-580 C-Band SAR 자료를 이용하여 1998년 캐나다 북부 오타와 지역의 농작물 현황을 파악한 예를 보여주고 있다. SAR 자료를 기반으로 하여 선형 편광 합성 방법을 이용하여 보리, 옥수수, 콩, 밀 등에 대한 작황 정보를 추출 한 예이다.(Canada Centre for Remote Sensing, Natural Resources Canada)



<그림 6-3> Airborne SAR 영상을 이용한 농작물 현황 파악

○ SAR 영상을 이용한 벼의 생육 및 수량 모니터링

- SAR 위성영상은 신호 대 잡음비가 심한 단점이 있지만 기상조건에 거의 영향을 받지 않는 장점을 활용하여 RADARSAT-1 영상정보를 활용하여 2005년 서산 간척지 AB지구 16개 단위 필지에 대하여 벼의 생육 모니터링과 수량을 모니터링 하였다.(작물과학원, 2007, 이충근)

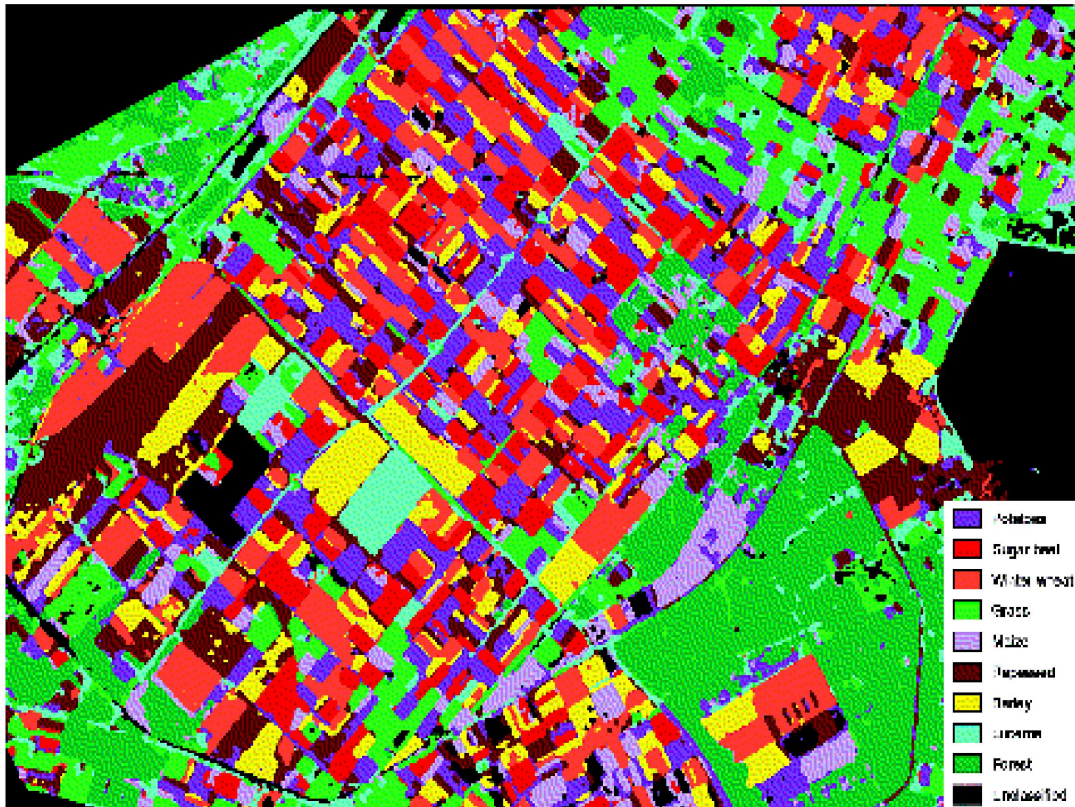


<그림 6-4> SAR 영상을 이용한 벼의 생육 및 수량 모니터링

○ ERS SAR & Landsat TM 퓨전을 이용한 농작물 특성 분석

- 레이다 영상과 광학의 고해상도 영상의 일정한 주기 차이를 이용하여 농작물의 통계량을 산출하였으며 이 때, 시간에 대한 특성치(주기차)에 대한 추출이 중요하다.
- 관심 지역의 각 농작물에 대한 ERS 후방산란계수 및 시간 특성치를 결정하기 위해서 경작지의 농작물 경계를 분할하는 과정이 필요하며 이러한 경계를 분할하는 것은 레이다 영상보다 광학 영상이 더 효율적이다.

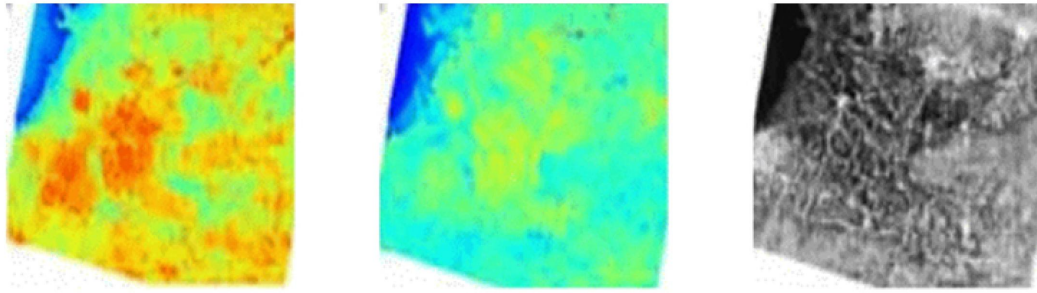
- Landsat TM 영상으로 경작지의 각 농작물 클래스에 대한 경계를 초기 분할하였으며 ERS SAR 영상으로 서로 다른 농작물의 지역이 같은 농작물로 분할된 지역을 후방 산란계수의 특성치를 이용하여 농작물 특성을 분석하였다.(ESA/ESRIN Projects & Engineering Department, Earth Observation Division)



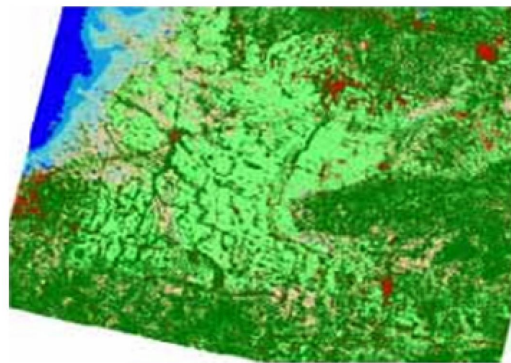
<그림 6-5> ERS SAR 영상과 Landsat TM 영상을 이용한 농작물 매핑

○ JERS-OPS JERS-SAR를 이용한 농작물 분류

- JERS-OPS 영상과 JERS-SAR 영상의 퓨전 영상은 농작물 지역의 분류에 있어서 그 효용성이 입증되어 농작물과 식생지역에 대해서 지속적인 모니터링에 사용되며 효율적인 관리와 계획이 가능하다.
- JERS-OPS의 NDVI 영상과 PCA변환을 통한 첫번째 주성분의 영상과 서로 다른 3시기의 테이터를 평균한 영상을 서로 퓨전하여 농작물과 식량지역의 지속적인 모니터링에 활용하였다.(Asian Center for Research on Remote Sensing)



(좌) JERS-OPS NDVI 영상 (중) JERS-OPS PC1 영상 (우) SAR 3시기의 평균 영상



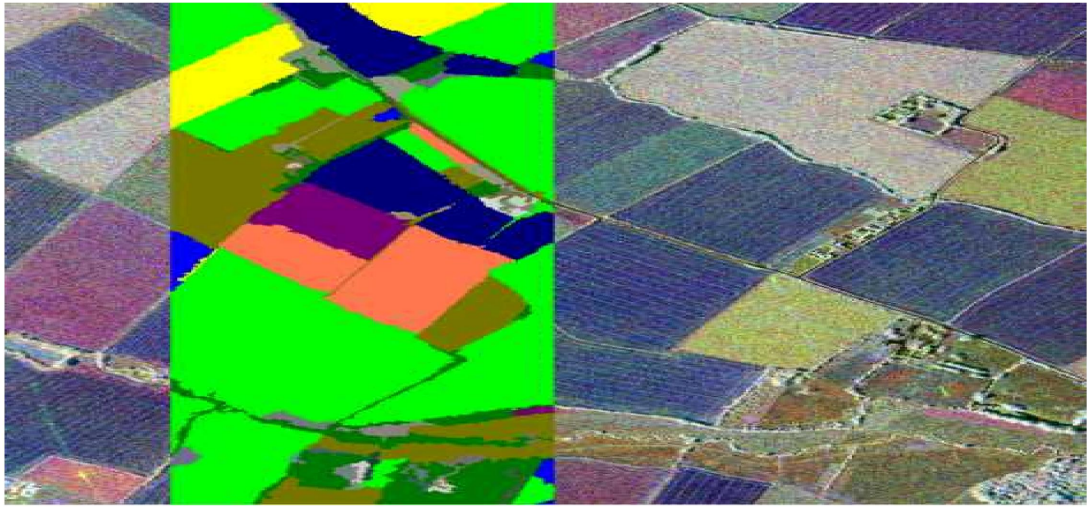
퓨전 후의 무감독 분류 결과

<그림 6-6> JERS-OPS JERS-SAR를 이용한 농작물 분류

- TerraSAR-X와 항공사진 퓨전을 이용한 농지 현황 파악
 - TerraSAR-X-band 레이더 1M 자료와 하이퍼 항공사진(25CM) 퓨전을 통하여 농지 현황을 파악하고, TerraSAR-X-band의 전 지구적인 넓은 지역에 대한 자료 획득과 하이퍼 영상의 다양한 분광 자료를 기반으로 농경지 분류 작목을 파악하였다.(The Agricultural Development Economics Division : ESA)

<표 6-1> Terra-SAR 제원

종 류	TerraSAR-X		
	Spotlight Mode	Strip-map Mode	ScanSAR Mode
특 징	공간해상도 (1m) 관측폭 (10km)	공간해상도 (3m) 관측폭 (30km)	공간해상도 (16m) 관측폭 (100km)
응용사례	-토지피복의 맵핑을 통한 도시계획 및 환경보호 -변화 탐지		

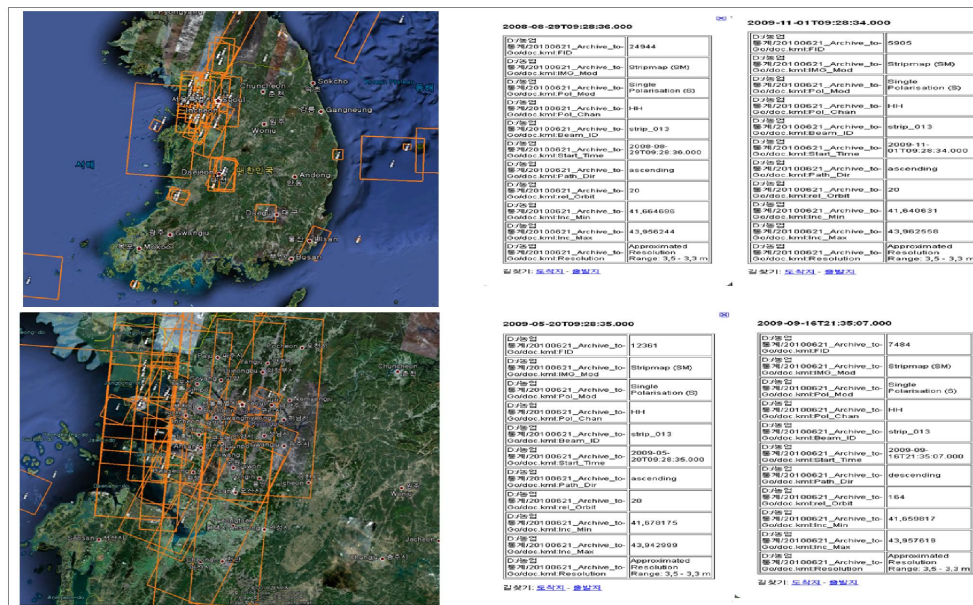


<그림 6-7> TerraSAR-X와 항공사진 퓨전을 이용한 농지 현황 파악

3. Terra-SAR 영상을 이용한 농업면적 조사 효율성 분석

가. Terra-SAR 영상자료 검색

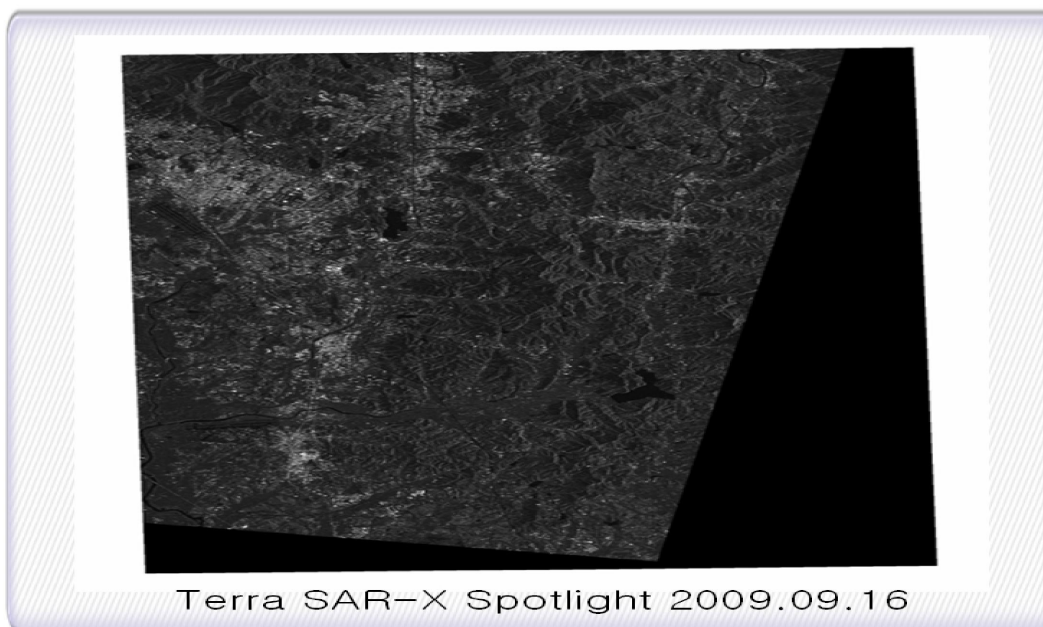
- Terra-SAR 영상 자료를 이용한 경지면적 조사 효율성 분석을 위하여 한반도 남한 지역의 영상 촬영 현황을 검색해 본 결과 KOMPSAT-5호 고해상 모드에서 유사한 해상도를 가지는 Terra SAR X밴드의 HS(1M급 해상도) 모드는 현재 대전지역만 촬영되어 있는 것으로 파악되었다.
- 연구 대상지(창원, 부안, 김제, 진천, 용인)를 포함하는 Terra SAR영상은 용인지역만 촬영되어 있었으며 HS 모드가 아닌 SM(3급 해상도) 모드로 촬영 되어 있다.



<그림 6-8> Terra-SAR 영상자료 검색 및 영상 헤더파일

나. Terra-SAR 영상자료 처리

- 본 연구에서 사용된 Terra-SAR 영상은 Data Level 1b Product로 원시 자료가 아닌 기본적인 자료 전 처리가 수행된 Image 파일 자료이다.
- 2009년 9월 16일 용인지역에 촬영된 영상으로 SM(StripMap)모드로 촬영된 자료이다. 단일편광(Single Polarization), HH 편파 모드, Approximated resolution range 가 3.5m 인 자료를 사용하였다.
- Terra-SAR 영상은 스펙클잡음과 측면관측의 시스템적 특성으로 인한 기하적 왜곡을 가지고 있어 SAR 영상의 좌표부여는 기준점 정합으로 해결하기 매우 어려우며, 각 영상점에 대해서 수동적으로 좌표를 주는 것이 효과적이다.
- Terra-SAR 영상 기하보정을 수행함에 있어 Reference 자료로는 QuickBird 용인 지역 영상을 활용하여 Image to Image 방법으로 수행. <그림 6-9>은 기하보정된 Terra-SAR 영상을 보여주고 있다.

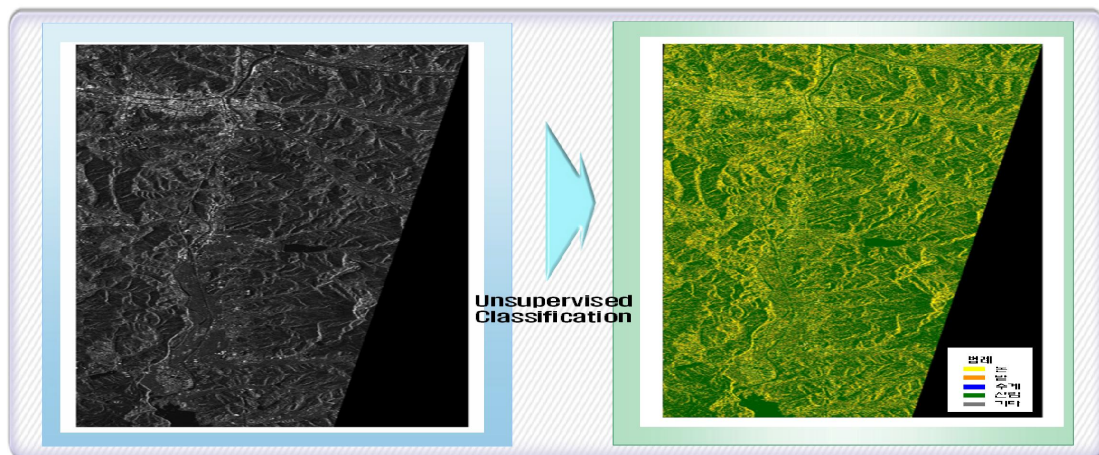


<그림 6-9> Terra-SAR 기하보정 영상

다. Terra-SAR 영상 분류

1) Terra-SAR 단일 영상분류

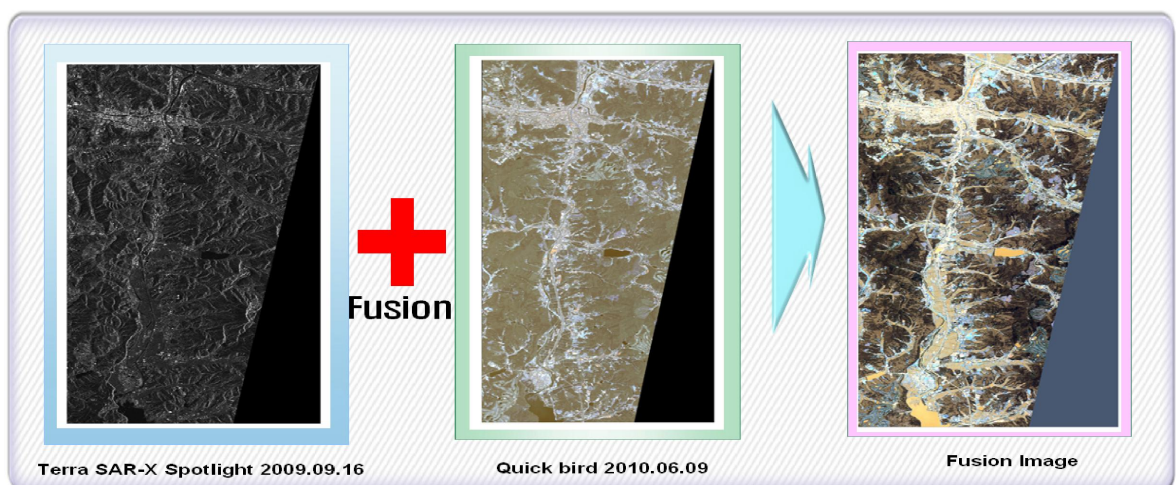
- Terra-SAR 영상의 후방산란계수(Backscattering Coefficient)값을 기초로 하여 무감독 분류를 수행 한 후, 분류 클래스는 20개로 정의하였으며 정의된 클래스를 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역에 대한 클래스를 재 정의하였다.
- <그림 6-10>은 Terra-SAR 영상을 이용한 분류 결과를 보여주고 있다.
- 분류 결과에서도 나타나듯이 단일 영상(3.5급 공간해상도)의 후방산란계수 값만으로는 논, 밭, 산림, 수계, 기타 지역에 대한 구분이 어려운 것으로 나타났으며 .농작물의 경우 작물의 성장이나 농업활동, 토양 수분의 변화로 수일, 수개월로 시간적 변이도가 크게 나타날 수 있으므로 분류가 어려운 것으로 나타나고 있다.



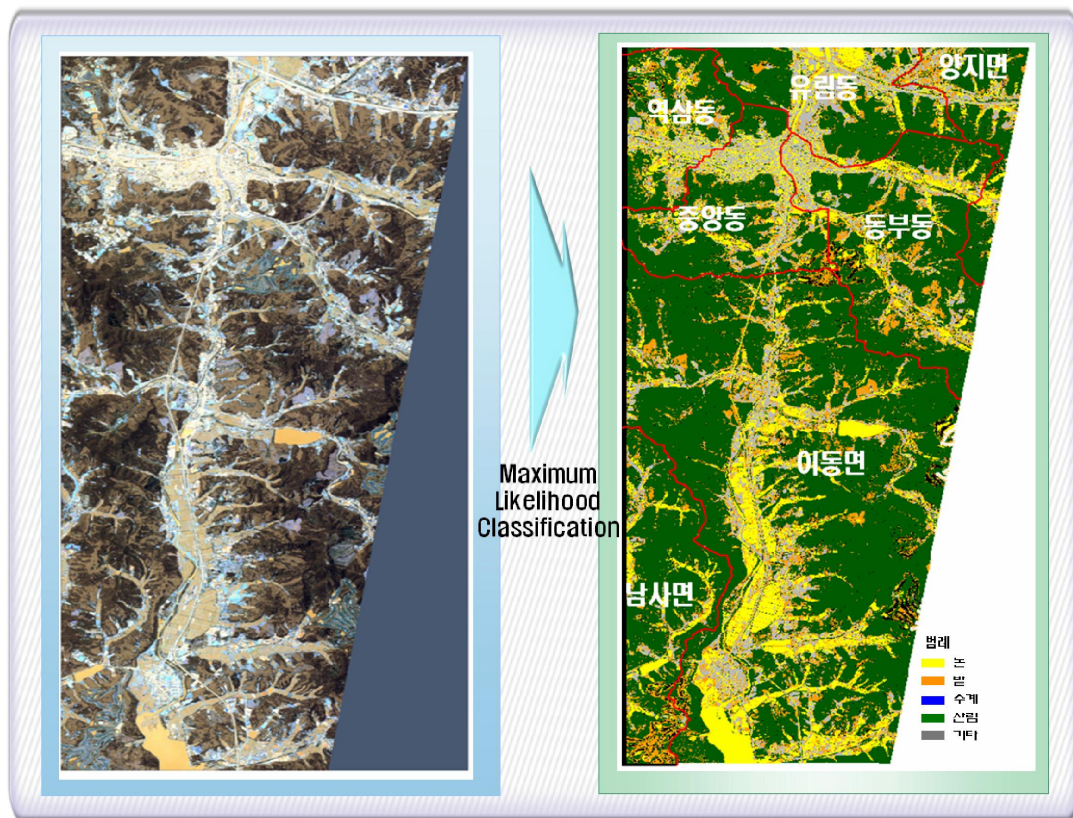
<그림 6-10> Terra-SAR 영상의 무감독 분류

2) Terra-SAR와 광학영상 Fusion에 의한 영상분류

- Fusion(영상 융합)이란 서로 다른 유형을 가진 영상들에 대해 각각의 장점을 활용하기 위해 자료를 결합하는 처리과정을 말한다. 영상융합은 지형지물의 식별을 용이하도록 하는 게 주목적이다.
- Fusion의 정교한 색감처리를 위해서는 흑백과 칼라 두 영상간의 촬영연도 및 계절 차이가 되도록이면 적은 위성자료를 이용해야하며 칼라합성을 위한 영상융합(Fusion)시 기본적으로 RGB 와 IHS 의 서로 다른 색채계 사이의 변환을 통하여 이루어져야 한다.
- 본 연구에서는 <그림 6-11>과 같이 Terra-SAR 영상과 광학영상인 QuickBird 영상을 이용하여 Fusion기법 수행하였으며 정교한 색감처리를 위하여 RGB 색채계 변환을 수행하였다. <그림 6-12>는 경기도 용인시 처인구 지역의 Terra-SAR 영상과 광학영상인 QUICK BIRD 영상의 Fusion 및 분류 결과를 보여주고 있다.
- Fusion 영상을 이용한 육안 분석에 따른 결과를 살펴보면 SAR 영상만을 이용한 경지 분류 결과에 비하여 분류 항목이 보다 세밀하고 정확하게 분류된 것을 알 수가 있었다 <그림 6-12>참조. 이는 기상여건 등을 비롯한 자료 입수에 취약한 KOMPSAT-2의 대체 방안으로 활용 가치가 있을 것으로 판단된다.



<그림 6-11> Terra-SAR / QuickBird 영상의 Fusion



<그림 6-12> Fusion 영상을 이용한 MLC 분류

라. Terra-SAR 영상분류 효율성 분석

- Terra-SAR 영상 자료를 이용하여 경지 면적조사 분류에서의 효율성 분석을 위하여 영상 가격, 공간해상도, 시간해상도, 촬영면적, 입수기간을 비교하고 자료 처리 및 분석 결과물 도출 결과를 위한 작업공정 기간을 산출하였다.(<표 6-3>, <표 6-4>)

<표 6-2> Terra-SAR 영상 수급현황

	가격(원)	공간 해상도	주기성	한반도 촬영계획	입수기간 (주문촬영)
Terra SAR (독일) 5km*10km	1달 이내 영상:1,000만원 (시기 및 해상도에 따라 유동적)	1m급 3m급 5m급	11일	비 주기적	10일 (30일)

<표 6-3> Terra-SAR 자료처리 기간

	영상입수 (주문)	자료전처리	감독분류	영상분류 (무감독)	참고자료수집/ 분류결과 보정	총소요
Terra SAR	10 (30)	12	2	2	10	32일

4. 농지면적 조사를 위한 SAR 위성영상 자료 활용 방안

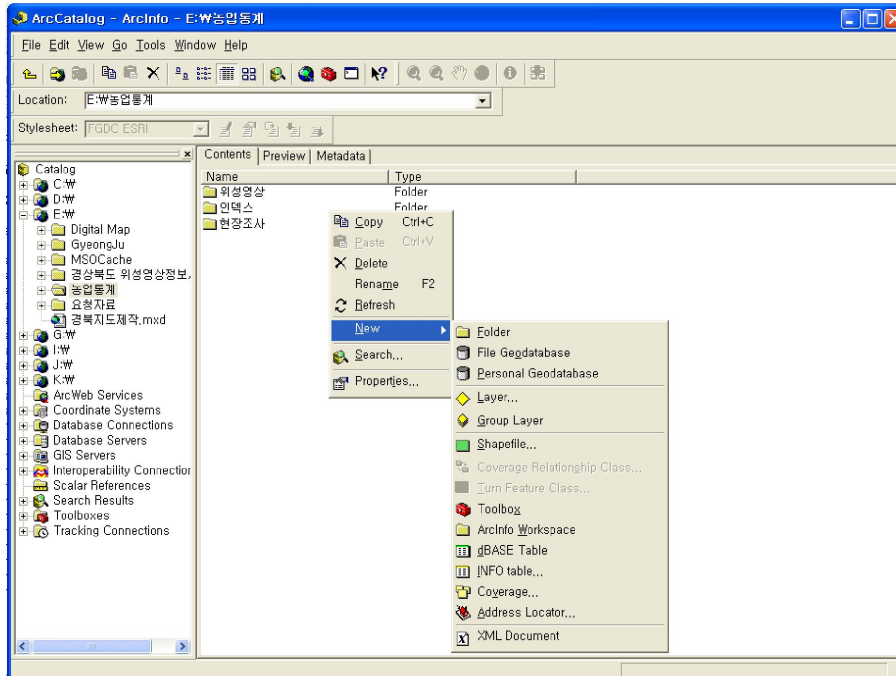
- 본 연구에서 Terra-SAR 영상을 이용하여 농지면적 분류를 수행한 결과로 SM모드의 3.5급 해상도 자료만을 이용한 분류실험에서는 농지 면적 추출이 어려운 것을 알 수가 있었으나, 광학영상인 QuickBird 영상을 이용하여 Fusion기법을 활용하면 향상된 분류 결과를 얻을 수 있었다.
- 따라서 Terra-SAR를 활용한 본 연구의 결과에서 보인 것처럼 향후 아리랑 5에 탑재될 SAR센서를 농업통계분야에 활용하기 위해서는 동일지역의 KOMPSAT-2와 같은 다른 광학위성영상과의 Fusion을 통해야 할 것으로 사료된다.
- 아울러 SAR센서를 활용한 일부 해외 사례에서와 같이 고 해상 항공영상을 활용한 Fusion으로 SAR센서와 고해상도 항공디지털 카메라의 장점들을 농업통계분야에서 활용할 수 있는 방법론을 마련할 필요가 있다.
- 또한 본 연구에서는 향후 아리랑 5호에 탑재 될 것으로 예상되는 SAR센서와 비슷한 수준인 독일의 Terra-SAR영상을 활용하였는데, 향후에는 아리랑 5호로부터 확보된 SAR영상을 활용한 연구를 수행하여 SAR센서의 장점을 국내 농업 통계분야에서 활용할 수 있는 방법론은 지속적으로 마련해 나갈 필요가 있다.

부록 1.

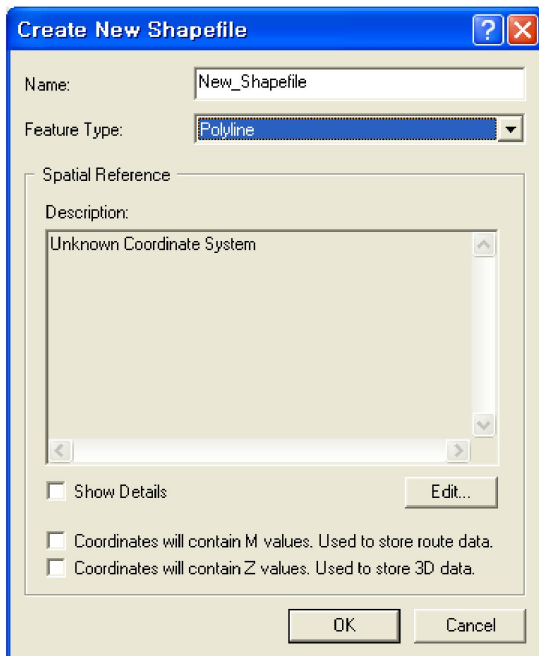
작물구획방법(ArcMap ver.9.2)

1)레이어 생성하기

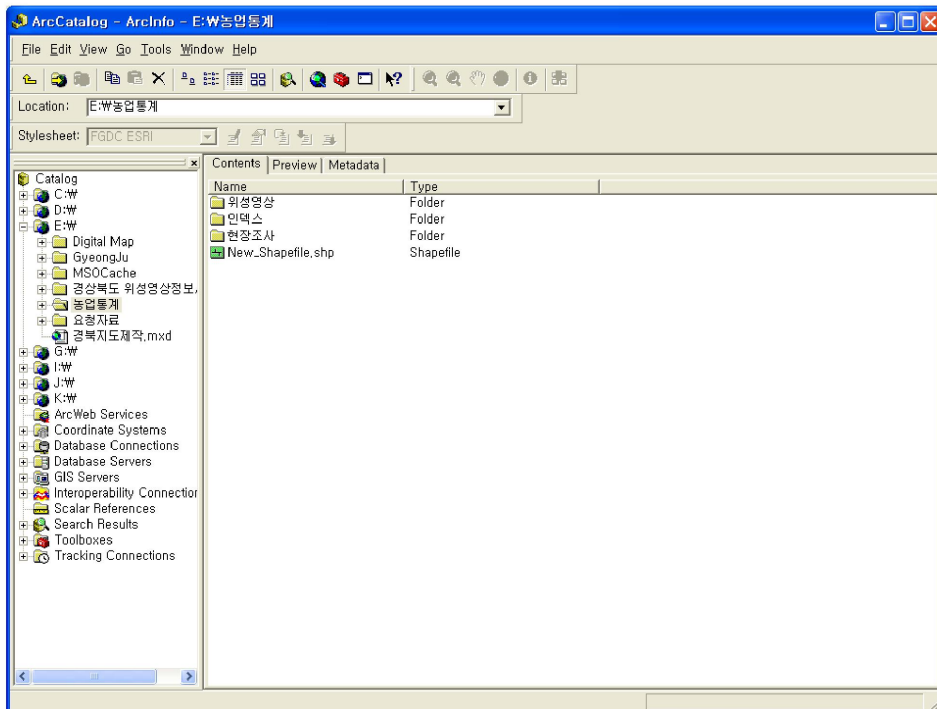
① Catalog에서 만들기



- Catalog실행 → Save하고자 하는 폴더 → 마우스 우 클릭 → New → Shapefile클릭

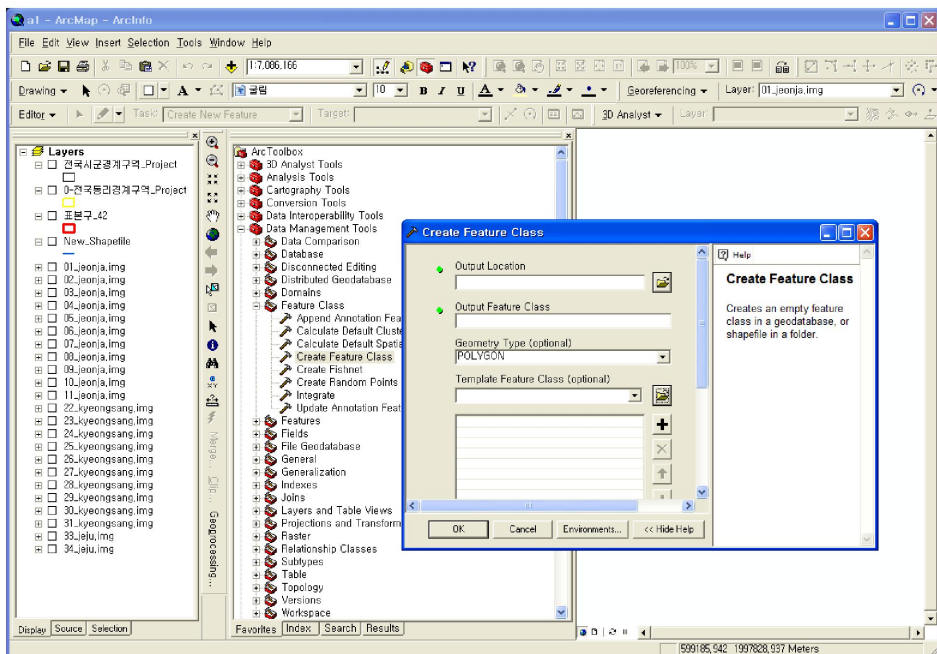


- Name을 지정하고 Polyline 선택 → OK

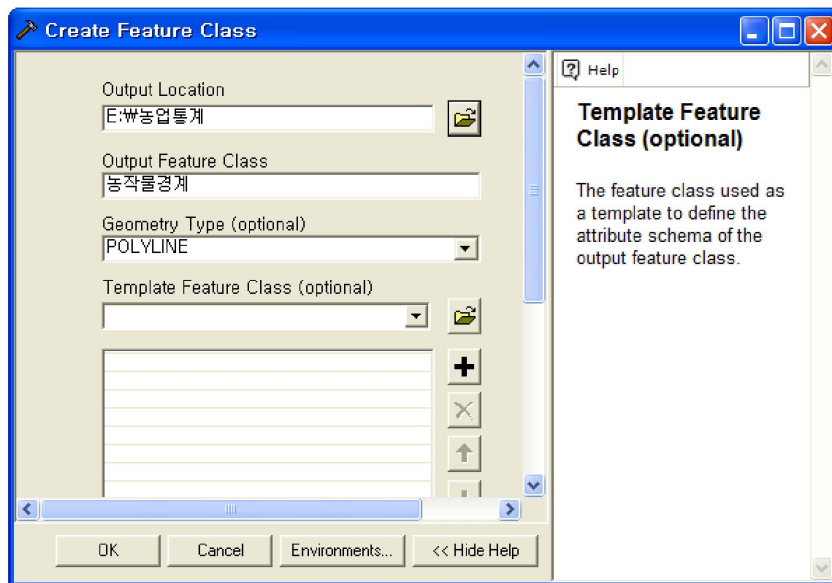


- Polyline으로 된 shp 파일이 만들어진다.

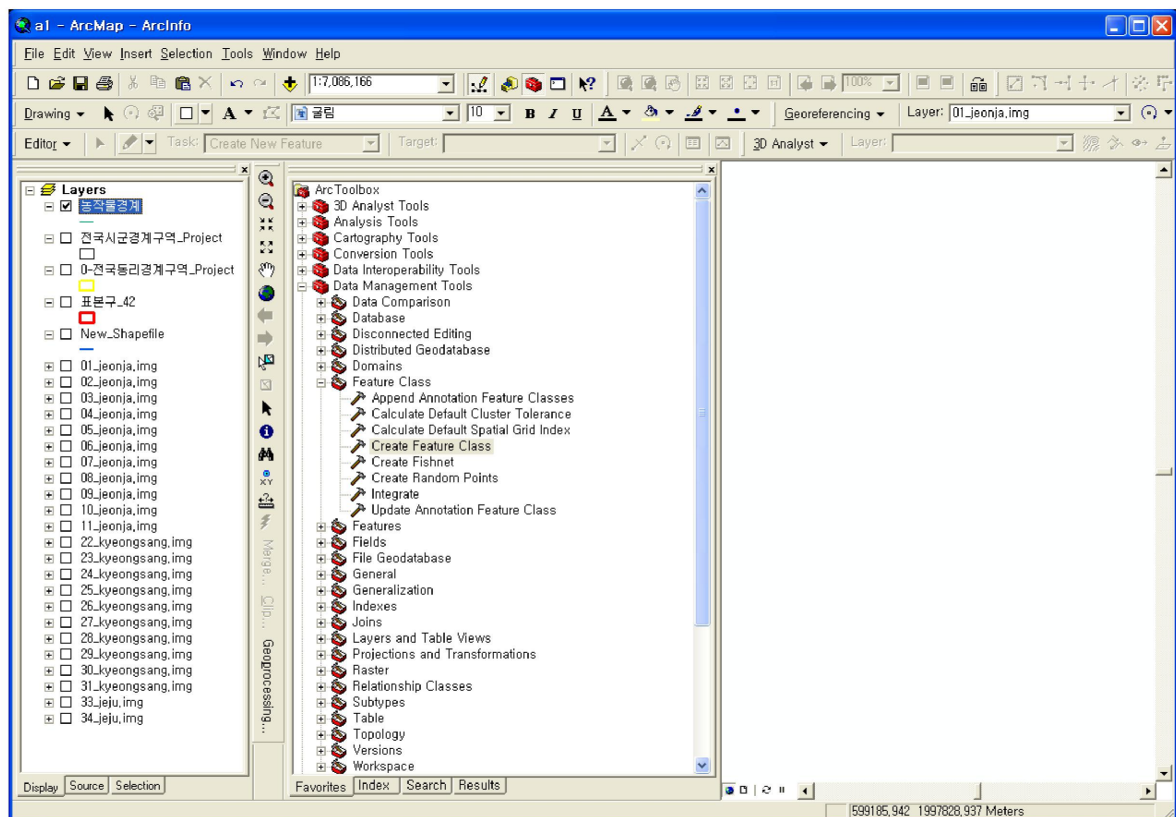
② Arc Toolbox에서 만들기



- Arc Toolbox  → Data Management Tools → Feature Class → Create Feature Class

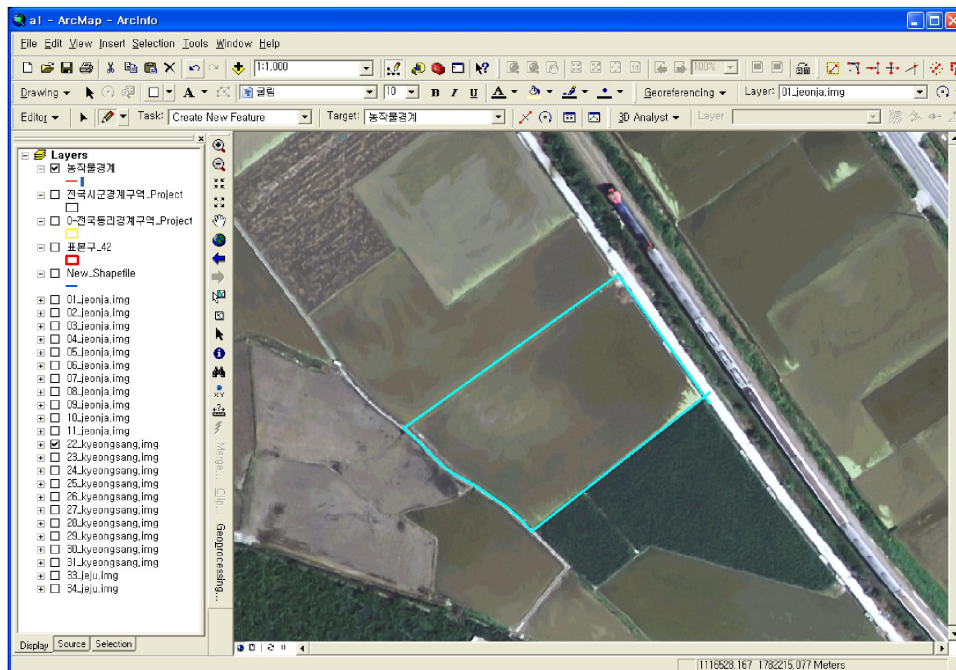


- Output location ; Save 할 위치 선정, Output Feature Class ; 파일이름 설정, Geometry Type ; Polyline → OK

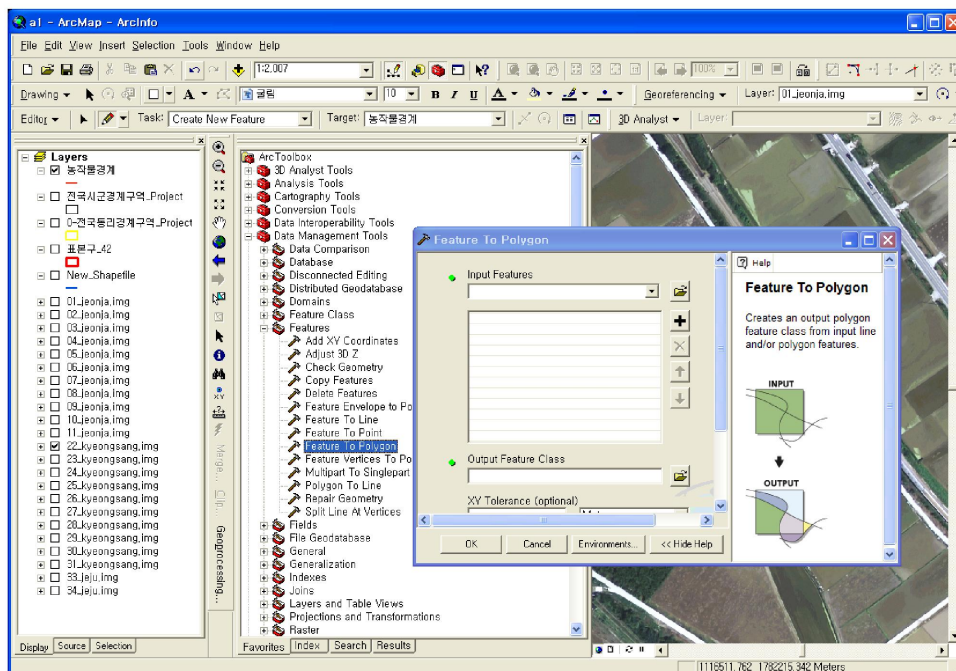


- 농작물경계 Polyline shp파일 만들어짐

2) 농작물 구획하기(Catalog나 Toolbox에서 만든 Polyline 으로 구획)



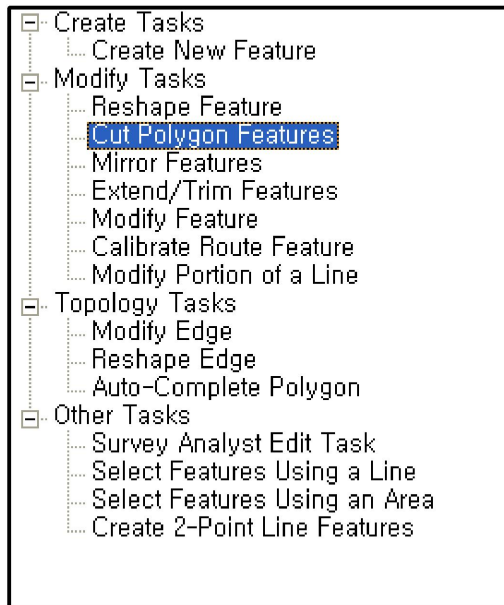
- 농작물 구분하여 구획하기(폐합이 되어야 함)
- 축척 ; 750~1000 (구획자 눈에 맞게 조절), Polyline으로 농작물구획 완료되면 Polygon으로 변환



- Arc Toolbox → Data Management Tools → Features → Feature To Polygon 선택

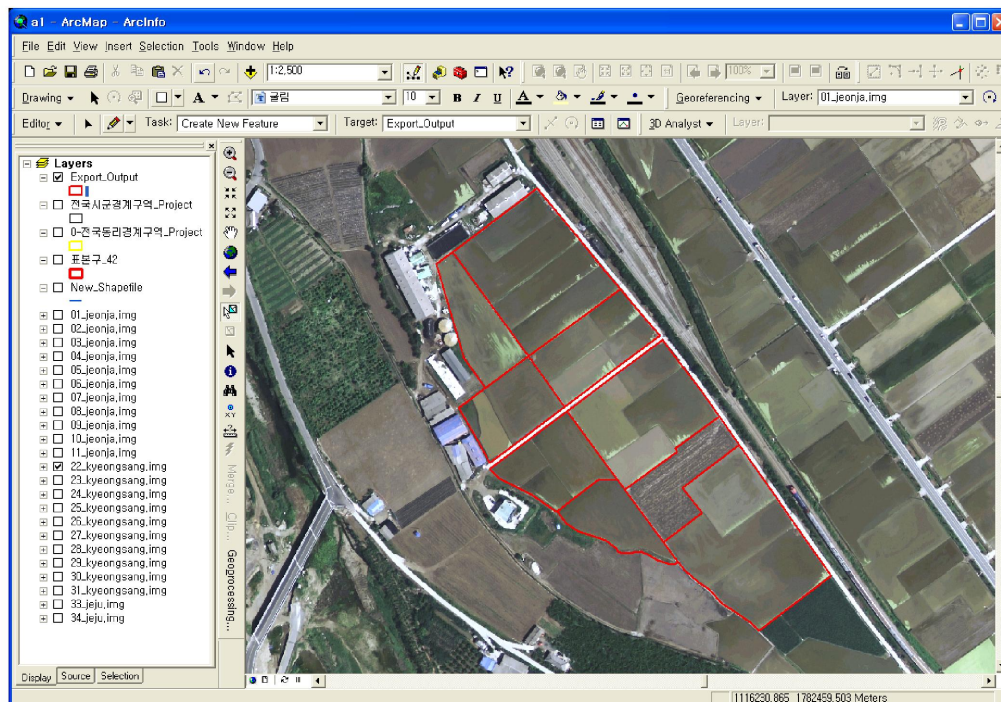
3)세부구획

순서: 농작물 구획 → 세부작물 구획

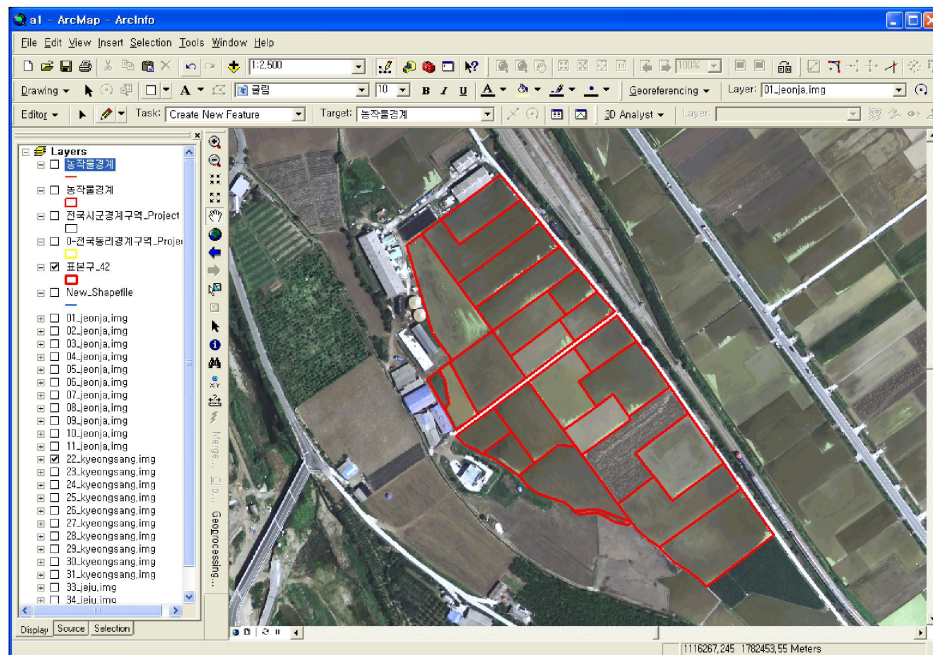


- Editor → Start Editing → Cut Polygon Features 선택하여 구획 한다

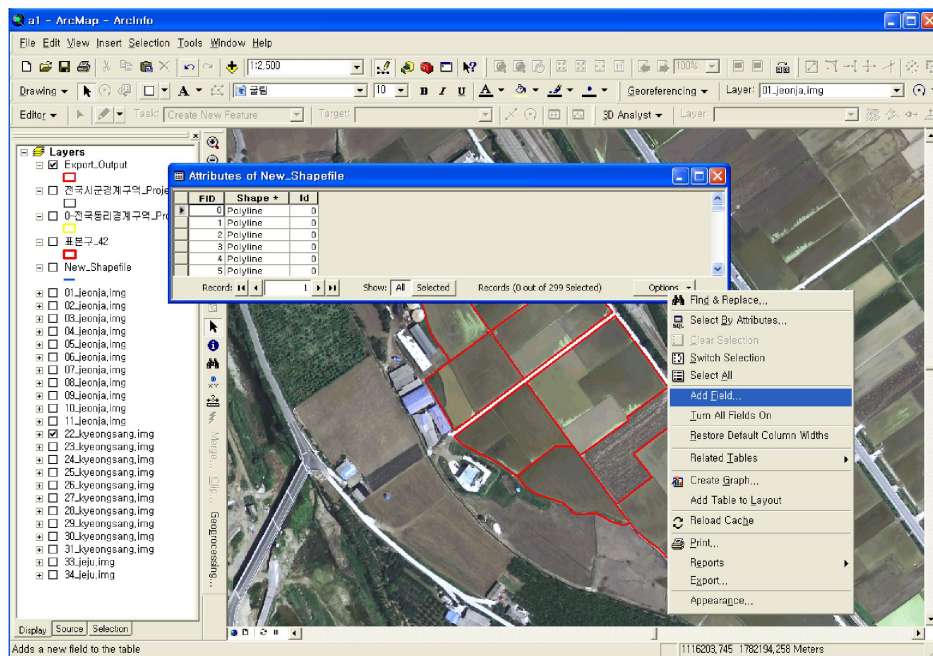
① 농작물 구획



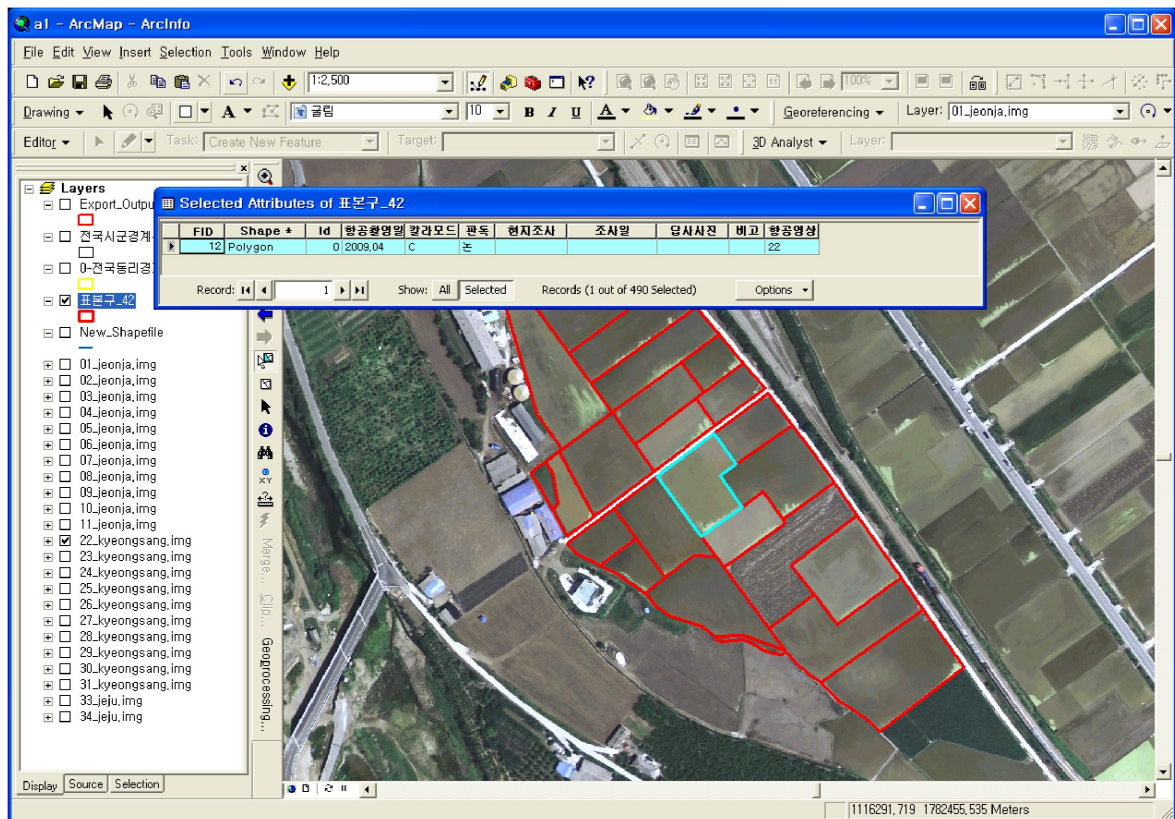
② 세부작물 구획



4)속성입력



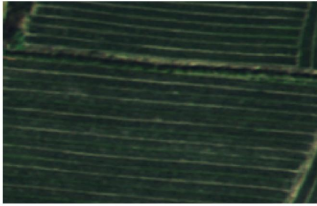
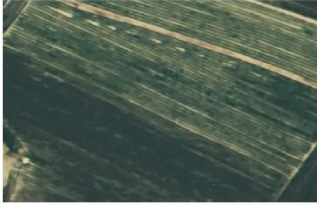
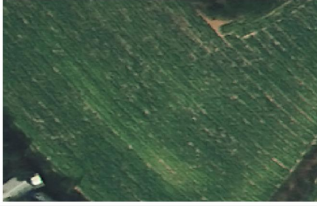
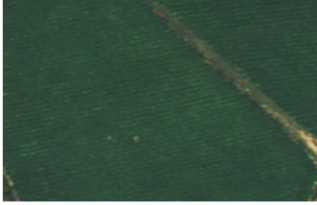
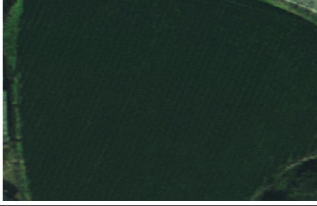
- Open Attribute Table → Options → Add Field, 필요한 항목의 수만큼 Field를 추가 시킨다
- 지침을 참조하여 모든 필드 작성(필드형식, 필드크기 등 옵션 정확히 넣기)

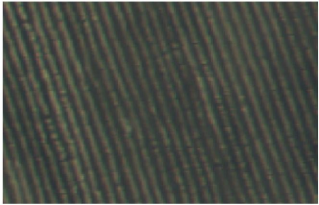
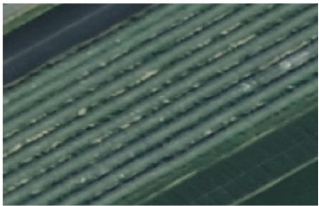
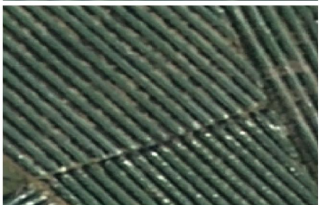
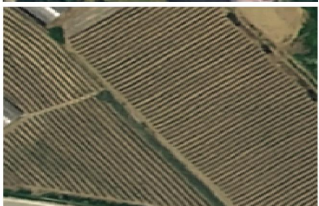
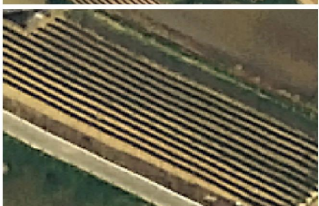


- 테이블을 오픈하여 속성을 넣고자 하는 Polygon을 선택한 다음 폴리곤의 속성을 테이블에 입력

부록 2.

판독 작물별 판독기준자료

작물 명	관독시기	재배기간	항공영상 관독기준 패턴	재배 전경
쪽파	10월	3월 ~ 11월	 	 
봄감자	05월	3월 ~ 7월	 	 
김장무	10월	7월 ~ 11월	 	 
김장배추	10월	7월 ~ 11월	 	 

작물 명	관독시기	재배기간	항공영상 관독기준 패턴	재배 전경
맥류	01,02월	10월 ~ (이듬해)6월	 	 
포도	08월	5월 ~9월	 	 
고추	07월	4월 ~10월	 	 
참깨	05월	5월 ~9월	 	 

작물 명	관독시기	재배기간	항공영상 관독기준 패턴	재배 전경
마늘	01,02월	9월~ (이듬해)7월	 	  

부록 3.

정확도평가를 위한 기준점 좌표

창원 현장 Assessment point

Id	분류	POINT_X	POINT_Y	Id	분류	POINT_X	POINT_X
1	측	350138.74622200000	213109.61568100000	51	발	353128.23218900000	227516.84425200000
2	측	354305.72766700000	210832.42174000000	52	발	346775.85492800000	230910.97158500000
3	측	358151.44523700000	209934.77267600000	53	발	333978.20849800000	231311.12133400000
4	측	362205.03943200000	211172.58349000000	54	발	335371.58708800000	230210.70952500000
5	측	357546.71323600000	206126.85085600000	55	발	346468.59708500000	228381.45363100000
6	측	353672.64885400000	203915.79947700000	56	발	356172.22849200000	228360.01693700000
7	측	354485.25748000000	201251.19909700000	57	발	361802.90710000000	226816.58219200000
8	측	355600.23210700000	198614.94553000000	58	발	363360.63290700000	225065.92704100000
9	측	361090.06480500000	197603.90921600000	59	발	364475.33577900000	224565.73985500000
10	측	360003.43699000000	194542.45346000000	60	발	367848.02651900000	222686.46514200000
11	측	370302.77888400000	191216.42745400000	61	발	368612.59836000000	225173.11000900000
12	측	372088.62807500000	188542.37813700000	62	발	370749.11219700000	226001.99163200000
13	측	368583.07225600000	189279.39526300000	63	발	371120.67982100000	226359.26819300000
14	측	377455.62458400000	190923.51039100000	64	발	371470.81085100000	222779.35704800000
15	측	379033.59715000000	191462.09983000000	65	발	358444.50742300000	195762.10347500000
16	측	381140.71021600000	196129.87496300000	66	발	358523.10826600000	195054.69588400000
17	측	382123.39971800000	201789.78853600000	67	발	357765.68195600000	196126.52556800000
18	측	388936.08366800000	221972.71907200000	68	발	358337.32445400000	194733.14697900000
19	측	364520.02912300000	223616.83420000000	69	발	358222.99595500000	194790.31122800000
20	측	357102.61317200000	225553.86639100000	70	발	359909.34132400000	193211.14882700000
21	측	355278.96823200000	227642.08158300000	71	발	359237.66138900000	194440.18019800000
22	측	359956.19230300000	227944.44758300000	72	발	359316.26223200000	194175.79554300000
23	측	350327.72497300000	226687.73889300000	73	발	338601.36720300000	189688.40193200000
24	측	346841.06702900000	227207.43045700000	74	발	338344.12807900000	189981.36871200000
25	측	336031.48250900000	229427.93077300000	75	발	337329.46264400000	189716.98405700000
26	측	332176.31600200000	228993.27964800000	76	발	331841.69466100000	190352.93633600000
27	측	335814.15694600000	231714.57365300000	77	발	332070.35166100000	190338.64527300000
28	발	364744.40230200000	182186.23178300000	78	발	332520.52012800000	190095.69721200000
29	발	364429.31855000000	213652.59582200000	79	발	330076.74844800000	189266.81558900000
30	수거	363007.94073500000	216390.32353500000	80	발	325460.73527500000	197362.70247000000
31	측	363554.08590500000	217608.64737600000	81	발	324974.83915100000	202543.21261100000
32	산책	369767.87629500000	212816.56513400000	82	발	327032.75214500000	206651.89306700000
33	산책	356476.28403200000	216673.19294100000	83	발	326997.02448900000	206473.25478600000
34	산책	339947.87914500000	218532.63849100000	84	발	327204.24489400000	206551.85562900000
35	산책	337175.92790800000	223508.37704600000	85	발	328619.06007800000	213818.86088800000
36	산책	340946.47027300000	210595.56072800000	86	발	335843.19214900000	224444.26582400000
37	산책	335109.87729700000	201177.81336000000	87	발	331284.34322600000	227281.04172100000
38	산책	337227.57917400000	193740.03116000000	88	발	335521.64324400000	229196.04409100000
39	발	379873.95557500000	199356.30568300000	89	발	332556.24778400000	233690.58323300000
40	발	384225.58409300000	201821.51395700000	90	발	335578.80749400000	232054.25658200000
41	발	384782.93552900000	204229.55798000000	91	발	359689.87844500000	193657.30337400000
42	발	386898.01277200000	213847.44301300000	92	산책	362679.19423500000	195208.28974700000
43	발	386869.43064700000	212304.00826800000	93	산책	362146.90901900000	197272.91119100000
44	발	387319.59911400000	215769.59091300000	94	산책	360082.28757500000	199184.29901200000
45	발	387755.47651900000	217127.24184700000	95	산책	350791.49107700000	195805.09438300000
46	발	389884.84482500000	221021.55636600000	96	산책	363848.60872400000	187522.41382500000
47	발	389277.47467100000	223708.27610800000	97	수거	376791.23496300000	206163.72237700000
48	발	388491.46623600000	224344.22838700000	98	수거	343974.98547400000	210502.33679800000
49	발	373092.84644000000	226387.85031800000	99	기타	380944.80751700000	185915.11224600000
50	발	367340.69380100000	228124.21440600000	100	기타	352180.90753200000	191084.11915600000

김제 현장 Assessment point

Id	분류	POINT_X	POINT_Y	Id	분류	POINT_X	POINT_Y
1	논	177754.93296600000	257243.42138800000	51	산림	185527.88510200000	255053.28652000000
2	논	179539.87172500000	257065.93351600000	52	산림	185941.78394500000	256321.80982500000
3	논	181201.21569200000	257169.40827000000	53	산림	188945.66437800000	255644.19418500000
4	논	181086.98897900000	256039.91575700000	54	산림	189064.22915100000	257284.16056300000
5	논	183505.63711400000	257157.27230400000	55	산림	189681.84383000000	257426.43829000000
6	논	185897.07265000000	257395.73254200000	56	수계	181620.25991300000	253337.56965700000
7	논	185447.40477200000	256182.99190000000	57	수계	182722.65261000000	252089.16468200000
8	논	184261.91672800000	255413.10598700000	58	수계	184500.35209200000	251158.33641100000
9	논	182470.05836300000	254588.71487600000	59	수계	187778.32772800000	251058.86554700000
10	논	180501.05810700000	254282.12314100000	60	수계	189675.57476300000	250965.78272000000
11	논	181359.51496600000	252163.23359100000	61	기타	189487.27976300000	255979.47930800000
12	논	183498.84396400000	251093.56909200000	62	기타	189439.82577300000	255556.04370300000
13	논	183274.01002500000	250323.68317900000	63	기타	191159.12034300000	255318.77375100000
14	논	183730.49105300000	248634.02205900000	64	기타	190268.44544900000	255205.61423600000
15	논	184541.25586500000	249233.57923100000	65	기타	189921.66628900000	255563.34431700000
16	논	186299.04848100000	248613.58261000000	66	기타	193188.44544600000	257612.10571700000
17	논	188554.20102400000	248613.58261000000	67	기타	192905.31496100000	257782.44438200000
18	논	188022.77534900000	249785.44435400000	68	기타	191395.02994400000	256140.69679200000
19	논	188308.92763600000	251461.47917500000	69	기타	188647.10408200000	254364.67322600000
20	논	190223.42269500000	252163.23359100000	70	기타	189956.36193900000	256251.94455600000
21	논	191402.09758900000	252606.08832000000	71	밭	192415.52261900000	257347.48968600000
22	논	193500.54768900000	250528.07766900000	72	밭	192909.65820800000	257399.66549400000
23	논	192376.37799200000	254302.56259000000	73	밭	191616.00509800000	256706.03417000000
24	논	193398.35044400000	255419.91913600000	74	밭	190158.15165300000	257158.73603000000
25	논	191231.76884700000	253812.01581300000	75	밭	189772.97142700000	257284.57180100000
26	논	183968.95129200000	253219.27179100000	76	밭	189278.83583800000	257247.74181900000
27	논	185229.38398200000	250568.95656700000	77	밭	187824.05155800000	256570.99090400000
28	논	184364.11397300000	247298.64472300000	78	밭	187741.18409900000	255618.01512500000
29	논	180235.34527000000	251679.49996400000	79	밭	193534.14341900000	251624.91157600000
30	논	182967.41829000000	256496.39678500000	80	밭	193338.12554600000	253043.82805100000
31	논	190768.47466900000	250800.60365600000	81	밭	193070.02368100000	253482.65516100000
32	논	186884.97935300000	256653.09922800000	82	밭	192450.35427500000	253496.56610600000
33	논	191892.64436500000	253382.78738300000	83	밭	193405.15101200000	254111.17698600000
34	논	183982.57759100000	252183.67304000000	84	밭	193298.92197100000	256605.03018400000
35	논	183151.37333100000	255242.77724500000	85	밭	190430.73786700000	256683.43733400000
36	논	179990.07188100000	255331.34819100000	86	밭	190391.53429200000	256559.50345300000
37	논	186012.89619500000	256755.29647300000	87	밭	191702.95709500000	257300.57747600000
38	논	192294.62019600000	255699.25827300000	88	밭	191625.81457700000	257714.11195700000
39	논	187395.96557900000	250643.90121400000	89	밭	192151.90125600000	257599.03049600000
40	논	182272.47702300000	249499.29206800000	90	밭	186318.15642600000	255311.31222200000
41	논	182981.04458900000	247591.61015900000	91	밭	186636.84354900000	256051.12161400000
42	논	185992.45674600000	252238.17823800000	92	밭	187021.29150600000	254398.24832300000
43	논	182749.39750000000	253437.29258100000	93	밭	186431.97325500000	253408.04190600000
44	논	184827.40815100000	256864.30686800000	94	밭	186261.24801100000	252887.01375300000
45	논	189651.11812200000	251168.51373900000	95	밭	184523.64441300000	253683.73155900000
46	산림	188996.20410900000	256781.69742800000	96	밭	184872.68269100000	254149.11592900000
47	산림	191326.30129900000	257521.34999000000	97	밭	184419.94463500000	254451.36284300000
48	산림	193445.61667000000	253761.76883400000	98	밭	185884.38784200000	254909.15942400000
49	산림	187635.70328300000	247649.09610900000	99	밭	189066.76130200000	253361.69476700000
50	산림	181726.14758300000	253934.22668500000	100	밭	189486.21387200000	253967.85488400000

진천 현장 Assessment point

Id	분류	POINT_X	POINT_Y	Id	분류	POINT_X	POINT_Y
1	논	238997.62142100000	382905.26374300000	51	산림	237871.86376800000	386005.42712600000
2	논	239153.49555800000	382547.33054100000	52	산림	239551.84057300000	386294.08293400000
3	논	238645.46133500000	381029.00098800000	53	산림	237473.51875300000	387725.81574400000
4	논	239165.04179000000	380630.65597300000	54	산림	240325.43814000000	381831.46413600000
5	논	239517.20187600000	381173.32889300000	55	산림	245105.57832700000	372582.93203400000
6	논	238224.02385500000	379343.25106700000	56	수계	245082.48586300000	370383.37477400000
7	논	240735.32938800000	376958.95409000000	57	수계	241416.55709600000	377299.56794400000
8	논	240775.74120100000	377732.55165600000	58	수계	239598.02550300000	379816.64659300000
9	논	241139.44752000000	376427.82740200000	59	수계	240539.04343800000	381606.31260500000
10	논	241393.46463100000	376508.65102800000	60	수계	236988.57699500000	382714.75091000000
11	논	243240.86180500000	375128.87626400000	61	수계	238339.48617800000	386692.42795000000
12	논	243922.08951300000	374713.21190000000	62	수계	235735.81078600000	375532.99439600000
13	논	241982.32248000000	373437.35322700000	63	수계	234517.68327400000	374205.17767700000
14	논	243760.44226000000	373194.88234800000	64	수계	239904.00066000000	366388.37838500000
15	논	244620.63656900000	373570.13489900000	65	수계	242588.49967800000	365886.11727800000
16	논	244239.61090200000	372554.06645300000	66	기타	241635.93551000000	374811.35487500000
17	논	243506.42514900000	372149.94832100000	67	기타	239603.79861900000	372992.82328200000
18	논	248090.27938600000	372900.45342300000	68	기타	239315.14281000000	373483.53815600000
19	논	248736.86839700000	373720.23591900000	69	기타	238183.61204100000	381427.34600400000
20	논	242957.97911300000	368738.03666000000	70	기타	238859.06663300000	387067.68050100000
21	논	238662.78068300000	366931.05130500000	71	기타	239297.82346200000	388228.07685000000
22	논	238991.84830500000	364489.02316600000	72	기타	245359.59543900000	379123.87265300000
23	논	239719.26094200000	363461.40848800000	73	기타	246623.90788000000	371359.03140600000
24	논	239828.95014900000	361752.56610200000	74	기타	238345.25929400000	384331.22343700000
25	논	239540.29434100000	362682.03780500000	75	기타	244689.91396300000	380007.15942700000
26	논	237334.96396500000	368351.23788200000	76	밭	238772.74496300000	387996.31008900000
27	논	236059.10529100000	369748.33199500000	77	밭	236039.67026600000	383025.49398100000
28	논	234633.14559800000	370568.11449100000	78	밭	233545.52107500000	375537.21895900000
29	논	233386.15250500000	376595.24777100000	79	밭	233388.17988800000	375936.39937800000
30	논	232393.17652400000	376433.60051800000	80	밭	233222.09752400000	375983.01898900000
31	논	231255.87263900000	375954.43187600000	81	밭	239643.94894400000	371848.44223500000
32	논	231890.91541800000	378483.05675800000	82	밭	239192.32146200000	370860.68922700000
33	논	231481.02417000000	380642.20220500000	83	밭	239034.98027500000	370767.45000500000
34	논	238899.47844600000	384354.31590100000	84	밭	238717.38417400000	370872.34412900000
35	논	238426.08292000000	385993.88089300000	85	밭	239247.68225000000	370242.97938000000
36	논	238708.96561300000	386455.73018700000	86	밭	239396.28226000000	370205.10094600000
37	논	239268.95788100000	388834.25404800000	87	밭	240002.33720400000	370234.23820300000
38	논	238991.84830500000	384983.58556400000	88	밭	240640.44313000000	368972.59498000000
39	논	240631.41329700000	382622.38105100000	89	밭	247516.83575700000	366329.84577900000
40	논	245174.85572100000	380417.05067400000	90	밭	248242.35345400000	377369.95241700000
41	논	244666.82149900000	378725.52763700000	91	밭	243335.63939300000	379995.21926400000
42	논	245076.71274700000	377715.23230800000	92	밭	244684.69438700000	381218.98405400000
43	논	245082.48586300000	377074.41641300000	93	밭	240139.28231100000	385359.38825900000
44	논	245838.76408100000	374464.96790500000	94	밭	238682.41946600000	376114.13664500000
45	논	247622.65697700000	377507.40012600000	95	밭	239608.98423600000	375607.14837500000
46	산림	246935.65615300000	374574.65711200000	96	밭	239559.45089900000	374995.26598000000
47	산림	237242.59410600000	377322.66040800000	97	밭	236535.00363300000	373730.70903100000
48	산림	236630.64379200000	380815.39569000000	98	밭	237103.18014200000	372536.08149800000
49	산림	236844.24909000000	382356.81770700000	99	밭	236765.18796200000	372987.70898000000
50	산림	237011.66945900000	383459.48289500000	100	밭	238003.52138100000	372358.34423100000

용인 현장 Assessment point

Id	분류	POINT_X	POINT_Y	Id	분류	POINT_X	POINT_Y
1	준	216381.10023600000	415796.71285200000	51	산림	217866.16085300000	406334.99837400000
2	준	216477.94051300000	415510.47699000000	52	산림	218647.06940300000	407661.06949700000
3	준	216565.35386000000	415588.46340700000	53	산림	217465.39269100000	408238.64714200000
4	준	216477.94051300000	415318.51042400000	54	산림	222209.78048700000	410575.47914300000
5	준	218745.00506000000	409690.83500800000	55	산림	221750.07583100000	413958.43391800000
6	준	218796.69902100000	409535.02883900000	56	수계	219609.54380500000	409382.71930600000
7	준	218625.84610000000	409406.95630800000	57	수계	229864.64199400000	405400.51584600000
8	준	218948.27622800000	409258.00760700000	58	수계	227248.33033000000	410048.43315800000
9	준	218273.62623100000	409086.27851700000	59	수계	229408.76950700000	412053.61141500000
10	준	217735.65857100000	408522.90196100000	60	수계	228516.84507600000	413857.28081900000
11	준	218200.02805000000	408460.69397400000	61	기타	218169.40427400000	414849.96871200000
12	준	218066.85038800000	408438.78975400000	62	기타	225179.84307600000	414830.09034100000
13	준	217809.25675300000	408005.08618400000	63	기타	218891.65175000000	414717.44623900000
14	준	218050.20318000000	407382.13014800000	64	기타	219077.18321200000	416036.04484200000
15	준	218098.39246600000	406832.77229300000	65	기타	218348.30961200000	410251.43891200000
16	준	218316.22799800000	405619.09339300000	66	기타	217513.41803500000	404089.14393500000
17	준	218155.23866000000	405232.71919900000	67	기타	227558.62146000000	407057.64732200000
18	준	218504.46149000000	404856.25203500000	68	기타	228724.81921900000	409038.85828700000
19	준	218445.01930600000	403798.67651700000	69	기타	226955.64420900000	410456.84874500000
20	준	218053.69159700000	403585.67535900000	70	기타	226286.40572200000	414770.45522900000
21	준	218373.19333400000	406002.99082900000	71	밭	228576.05094700000	415226.91271900000
22	준	218132.94784100000	406248.18983700000	72	밭	228777.02807700000	414994.20925900000
23	준	225687.05868600000	405435.81332600000	73	밭	228083.12809300000	414869.38498400000
24	준	225625.13974400000	405170.80025800000	74	밭	227990.04394900000	414772.06974200000
25	준	225434.42940500000	405146.03268100000	75	밭	228377.18936700000	414755.14535200000
26	준	226999.37024200000	406015.37461700000	76	밭	227393.45920700000	414549.93712600000
27	준	227452.98689300000	405185.66080300000	77	밭	227067.66470300000	414367.99993500000
28	준	226937.82130100000	404145.42258900000	78	밭	227298.25951500000	414152.21396400000
29	준	227797.25620700000	406458.71423700000	79	밭	227236.90860100000	413987.20116300000
30	준	228411.49210500000	406602.36618100000	80	밭	226636.09276200000	413902.57921400000
31	준	229887.63966700000	407481.61514900000	81	밭	228434.30918300000	414065.47646600000
32	준	229939.65157700000	407828.36122000000	82	밭	226553.58636200000	415413.08100700000
33	준	229795.99963300000	407050.65931700000	83	밭	225798.33546500000	414941.31364100000
34	준	229667.20823500000	408321.23599300000	84	밭	224507.85074000000	414243.18256000000
35	준	229060.40261000000	408747.23831000000	85	밭	224655.93915100000	414078.16975900000
36	준	228619.53974800000	409638.87106500000	86	밭	224440.15318000000	414131.05847700000
37	준	228669.07490100000	410443.81730300000	87	밭	224414.76659500000	414478.00846900000
38	준	229295.69458700000	410850.00555800000	88	밭	225842.76198800000	414403.96426300000
39	준	227985.48978800000	409309.46229700000	89	밭	224529.00622700000	415038.62888200000
40	준	228921.70418200000	408742.28479400000	90	밭	222671.55444200000	415425.77430000000
41	준	228386.72452800000	410926.23465400000	91	밭	221675.13099000000	414970.93132300000
42	준	226610.88929100000	409214.79511600000	92	밭	221901.49470400000	414643.02127000000
43	준	226489.52816500000	408674.86194700000	93	밭	222330.95109600000	414416.65755600000
44	준	225944.64148200000	406198.10429300000	94	밭	222208.24927000000	414899.00266600000
45	준	225721.73329300000	407045.15541100000	95	밭	219824.33938400000	404089.87538000000
46	산림	218642.18900300000	402812.84942600000	96	밭	219837.38317900000	403014.69399300000
47	산림	220483.28653300000	403097.17471600000	97	밭	218967.17571300000	403024.01099000000
48	산림	220510.63675000000	403558.39882800000	98	밭	218512.50628800000	403577.44057700000
49	산림	218028.23621300000	404484.39245200000	99	밭	217163.40520600000	404024.65640500000
50	산림	217403.50937200000	405156.26848700000	100	밭	225587.83336800000	404647.03176600000

김제 현장 Assessment point

Id	분류	POINT_X	POINT_Y	Id	분류	POINT_X	POINT_Y
1	논	216381.10023600000	415796.71285200000	51	산림	217866.16085300000	406334.99837400000
2	논	216477.94051300000	415510.47699000000	52	산림	218647.06940300000	407661.06949700000
3	논	216565.35386000000	415588.46340700000	53	산림	217465.39269100000	408238.64714200000
4	논	216477.94051300000	415318.51042400000	54	산림	222209.78048700000	410575.47914300000
5	논	218745.00506000000	409690.83500800000	55	산림	221750.07583100000	413958.43391800000
6	논	218796.69902100000	409555.02883900000	56	수계	219609.54380500000	409382.71930600000
7	논	218625.84610000000	409406.95630800000	57	수계	229864.64199400000	405400.51584600000
8	논	218948.27622800000	409258.00760700000	58	수계	227248.33033000000	410048.43315800000
9	논	218273.62623100000	409086.27851700000	59	수계	229408.76950700000	412053.61141500000
10	논	217735.65857100000	408522.90196100000	60	수계	228516.84507600000	413857.28081900000
11	논	218200.02805000000	408460.69397400000	61	기타	218169.40427400000	414849.96871200000
12	논	218066.85038800000	408438.78975400000	62	기타	225179.84307600000	414830.09034100000
13	논	217809.25675300000	408005.08618400000	63	기타	218891.65175000000	414717.44623900000
14	논	218050.20318000000	407382.13014800000	64	기타	219077.18321200000	416036.04484200000
15	논	218098.39246600000	406832.77229300000	65	기타	218348.30961200000	410251.43891200000
16	논	218316.22790800000	405619.09339300000	66	기타	217513.41803500000	404089.14393500000
17	논	218155.23866000000	405232.71919900000	67	기타	227558.62146000000	407057.64732200000
18	논	218504.46149000000	404856.25203500000	68	기타	228724.81921900000	409038.85828700000
19	논	218445.01930600000	403798.67651700000	69	기타	226955.64420900000	410456.84874500000
20	논	218053.69159700000	403585.67535900000	70	기타	226286.40572200000	414770.45522900000
21	논	218373.19333400000	406002.99082900000	71	밭	228576.05094700000	415226.91271900000
22	논	218132.94784100000	406248.18983700000	72	밭	228777.02807700000	414994.20235900000
23	논	225687.05868600000	405435.81332600000	73	밭	228083.12809300000	414869.38498400000
24	논	225625.13974400000	405170.80025800000	74	밭	227990.04394900000	414772.06974200000
25	논	225434.42940500000	405146.03268100000	75	밭	228377.18936700000	414755.14535200000
26	논	226999.74024200000	406015.37461700000	76	밭	227393.45920700000	414549.93712600000
27	논	227452.98689300000	405185.66080300000	77	밭	227067.66470300000	414367.99993500000
28	논	226937.82130100000	404145.42258900000	78	밭	227298.25951500000	414152.21396400000
29	논	227797.25620700000	406458.71423700000	79	밭	227236.90860100000	413987.20116300000
30	논	228411.49210500000	406602.36618100000	80	밭	226636.09276200000	413902.57921400000
31	논	229887.63966700000	407481.61514900000	81	밭	228434.30918300000	414065.47646600000
32	논	229939.65157700000	407828.36122000000	82	밭	226553.58636200000	415413.08100700000
33	논	229795.99963300000	407050.65931700000	83	밭	225798.33546500000	414941.31364100000
34	논	229667.20823500000	408321.23599300000	84	밭	224507.85074000000	414243.18256000000
35	논	229060.40261000000	408747.23831000000	85	밭	224655.93915100000	414078.16975900000
36	논	228619.53974800000	409638.87106500000	86	밭	224440.15318000000	414131.05847700000
37	논	228669.07490100000	410443.81730300000	87	밭	224414.76659500000	414478.00846900000
38	논	229295.69458700000	410850.00555800000	88	밭	225842.76198800000	414403.96426300000
39	논	227985.48978800000	409309.46229700000	89	밭	224529.00622700000	415038.62888200000
40	논	228921.70418200000	408742.28479400000	90	밭	222671.55444200000	415425.77430000000
41	논	228386.72452800000	410926.23465400000	91	밭	221675.13099000000	414970.93132300000
42	논	226610.88929100000	409214.79511600000	92	밭	221901.49470400000	414643.02127000000
43	논	226489.52816500000	408674.86194700000	93	밭	222330.95109600000	414416.65755600000
44	논	225944.64148200000	406198.10429300000	94	밭	222208.24927000000	414899.00266600000
45	논	225721.73329300000	407045.15541100000	95	밭	219824.33938400000	404089.87538000000
46	산림	218642.18900300000	402812.84942600000	96	밭	219837.38317900000	403014.69399300000
47	산림	220483.28653300000	403097.17471600000	97	밭	218967.17571300000	403024.01099000000
48	산림	220510.63675000000	403558.39882800000	98	밭	218512.50628800000	403577.44057700000
49	산림	218028.23621300000	404484.39245200000	99	밭	217163.40520600000	404024.65640500000
50	산림	217403.50937200000	405156.26848700000	100	밭	225587.83336800000	404647.03176600000

ASTER 기하보정 GCP정보

Point ID	X input	Y input	X Ref.	Y Ref.	Type	RMS Error
GCP #1	126.5446123	36.18117892	1.59E+05	2.98E+05	Control	1.254567781
GCP #2	127.1130341	36.11895934	2.10E+05	2.91E+05	Control	0.425558741
GCP #3	126.4720682	35.47033158	1.52E+05	2.19E+05	Control	1.553895412
GCP #4	126.9247797	35.43844757	1.93E+05	2.15E+05	Control	0.881236519
GCP #5	126.7883884	35.8509322	1.81E+05	2.61E+05	Control	0.771569883
GCP #6	126.8635922	36.14549679	1.88E+05	2.94E+05	Control	0.896633308
GCP #7	126.9780071	35.80243133	19784.565	2.56E+05	Control	0.712441443
GCP #8	126.6676589	35.42736284	1.70E+05	2.14E+05	Control	1.114578541
GCP #9	126.6296389	35.96475641	1.66E+05	2.73E+05	Control	1.224523578
GCP #10	126.7352477	36.0694074	1.76E+05	2.84E+05	Control	1.332145782
GCP #11	126.9898651	35.99513506	1.99E+05	2.77E+05	Control	0.698552131
GCP #12	126.8572753	35.63881056	1.87E+05	2.38E+05	Control	0.845212544
GCP #13	126.6944332	35.683441	1.72E+05	2.43E+05	Control	0.823354771
GCP #14	126.8780369	35.99536811	1.89E+05	2.77E+05	Control	0.772512434
GCP #15	126.9497441	35.66643102	1.95E+05	240769.8739	Control	0.955421347
GCP #16	126.58297	35.59102348	1.62E+05	2.32E+05	Control	0.662155342
GCP #17	126.7964341	35.51349781	1.81E+05	2.24E+05	Control	0.544213458
GCP #18	126.5511729	36.03985189	1.59E+05	2.82E+05	Control	0.854566991

QuickBird 기하보정 GCP정보

Point ID	X input	Y input	X Ref.	Y Ref.	Type	RMS Error
GCP #1	127.1910257	37.24471201	216880.6902	415888.6639	Control	0.851245612
GCP #2	127.340971	37.24527809	230173.826	415983.3646	Control	0.452456870
GCP #3	127.3005624	37.12529171	226630.4326	402664.3884	Control	1.475231457
GCP #4	127.1790415	37.13191583	215824.235	403372.3011	Control	0.658974213
GCP #5	127.2541719	37.19627959	222491.6816	410523.9222	Control	0.954213657
GCP #6	127.2582983	37.24635431	222839.2812	416075.6409	Control	0.745216582
GCP #7	127.3343095	37.19497399	229608.0691	410398.1621	Control	0.814198867
GCP #8	127.2543985	37.12412717	222524.2651	402523.4516	Control	0.665547123
GCP #9	127.1794589	37.20003246	215860.4621	410926.1202	Control	1.845552347
GCP #10	127.2275712	37.22399006	220124.0369	413593.7764	Control	1.621333001
GCP #11	127.2906669	37.22902687	225733.4818	414166.1254	Control	1.245789612
GCP #12	127.2917079	37.16611648	225836.1929	407180.3512	Control	1.774213965
GCP #13	127.211386	37.16087875	218693.8728	406590.2934	Control	2.253366959
GCP #14	127.3112237	37.18877067	227559.615	409710.587	Control	2.789544411
GCP #15	127.3230357	37.15719227	228617.8939	406205.6579	Control	0.922113365
GCP #16	127.254256	37.16203561	222517.5606	406713.5468	Control	1.112554130
GCP #17	127.2126556	37.18812146	218803.6675	409608.5842	Control	1.655997743

GeoEye 기하보정 GCP정보

Point ID	X input	Y input	X Ref.	Y Ref.	Type	RMS Error
1	297318.433	3965745.482	177928.3594	257236.6733	Control	1.485271025
2	312506.3518	3965945.878	193107.0808	257742.6398	Control	1.332214562
3	312731.7688	3959690.831	193458.5465	251491.6103	Control	0.842566512
4	296809.2699	3960021.841	177536.5282	251501.0117	Control	2.102321456
5	305134.3856	3962939.271	185800.1614	254584.3212	Control	0.785441233
6	305063.405	3965528.618	185672.807	257171.2693	Control	1.655587120
7	297241.6028	3961742.827	177936.733	253233.6894	Control	2.267514451
8	304909.6392	3959710.782	185644.2367	251354.7074	Control	1.457752130
9	313074.1262	3962938.891	193735.9079	254746.9475	Control	0.478541123
10	301066.8089	3964284.644	181707.0282	255847.389	Control	0.996541236
11	301851.6357	3961224.002	182555.7921	252803.546	Control	0.544719562
12	309699.2116	3961487.972	190390.536	253225.3013	Control	1.478551666
13	309459.6749	3964637.172	190086.1475	256371.3398	Control	1.336598874
14	299634.4489	3965078.039	180260.7187	256610.9343	Control	1.231245522
15	300127.5272	3962856.747	180808.0271	254398.9242	Control	2.012546871
16	299488.6067	3960684.702	180204.982	252222.879	Control	1.024565482
17	304987.9379	3961154.195	185689.2911	252798.2763	Control	2.012645778
18	311370.1229	3960856.429	192077.1426	252628.496	Control	1.248687112
19	311509.9538	3962707.207	192179.9598	254481.3156	Control	1.896541235
20	311494.429	3963724.266	192138.3057	255501.5792	Control	1.745669822
21	306336.2898	3964134.229	186982.6795	255806.8673	Control	0.569824740
22	303568.5822	3963991.043	184213.9953	256603.3419	Control	0.882146325
23	303550.8614	3961656.22	184241.9405	253271.7629	Control	0.789462111
24	307558.5529	3961229.894	188254.9771	252930.6205	Control	1.323657789
25	297229.0559	3959629.349	177966.3624	251118.0063	Control	1.893145621
26	312538.0194	3958688.455	193288.1569	250482.2977	Control	1.987466311
27	312698.0311	3954099.057	193545.6477	245902.5889	Control	2.563146314
28	296924.1833	3953971.893	177775.8363	245458.8139	Control	2.364869974
29	305080.4489	3956870.892	185866.1757	248513.5179	Control	3.124785662
30	304909.0235	3959710.536	185644.6362	251354.7578	Control	0.589344133
31	297547.6643	3956697.817	178348.293	248192.0365	Control	3.214699741
32	304642.3705	3953697.861	185500.3314	245343.5306	Control	3.215699874
33	312178.4918	3956521.468	192977.7976	248309.2347	Control	2.146977126
34	309044.5967	3958211.044	189808.4005	249935.4714	Control	1.266479964
35	301597.8185	3958009.096	182363.6335	249586.8677	Control	1.985631231
36	300912.9135	3955175.828	181743.183	246735.3537	Control	1.653658922
37	307969.7298	3955369.13	188790.7337	247076.2817	Control	1.778882253
38	306469.1073	3957930.828	187238.9677	249601.5794	Control	1.436489631
39	303808.1779	3957349.698	184590.2195	248968.9757	Control	0.456589642
40	303816.2807	3954858.808	184646.4862	246480.4267	Control	0.896541236
41	306637.0571	3955625.551	187452.6073	247302.7142	Control	0.659987744
42	311112.6903	3959106.974	191857.1666	250877.0211	Control	0.896146331
43	300607.3685	3959730.976	181340.8496	251287.0301	Control	0.979123544
44	300293.8988	3956909.438	181085.9794	248462.1391	Control	0.962145214
45	298892.6889	3954011.378	179748.6456	245534.0834	Control	0.579647617
46	310837.4666	3953722.64	191692.7792	245484.2184	Control	0.852459825
47	310708.6139	3956900.378	191500.8873	248658.1108	Control	1.547882178

GeoEye 정사보정 GCP정보

Point ID	X input	Y input	X Ref.	Y Ref.	Z Ref.	Type	RMS Error
1	127.1865128	37.23905626	216477	415256	99	Control	2.263473767
2	127.3420664	37.24281837	230271.1452	415707.8712	106	Control	1.94935055
3	127.3018146	37.12970076	226743.5378	403151.6339	92	Control	4.402980289
4	127.2026538	37.13225649	217925.5419	403411.3476	57	Control	4.03427341
5	127.2717459	37.19282072	224064.1633	410138.3606	177	Control	0.933921078
6	127.2695095	37.24582671	223837.6074	416024.8446	133	Control	2.938234696
7	127.3315229	37.18966717	229361.498	409805.3032	115	Control	3.7709515
8	127.2553848	37.12404203	222617.771	402509.5072	94	Control	4.352392622
9	127.1819146	37.19946112	216075.8487	410855.1104	118	Control	4.092359311
10	127.3130416	37.21497389	227736.3804	412602.5542	258	Control	6.686831066
11	127.3026021	37.15631767	226805.91	406098.4642	98	Control	7.832829529
12	127.2051299	37.16671286	218133.1084	407237.5235	64	Control	7.680138567
13	127.2286868	37.21562041	220223.0879	412661.8589	100	Control	6.244809033
14	127.224853	37.25171876	219867.2597	416673.1063	78	Control	3.190143188

Terra-SAR GCP 정보

Point ID	X input	Y input	X Ref.	Y Ref.	X Residual	Y Residual	RMS Error
GCP #1	321849.484	4131367.374	199017.2927	423320.6997	-21.77874737	3.666129894	5.08516121
GCP #2	322007.9371	4099334.787	199936.5289	391281.9492	-13.7622396	-0.658240543	7.77797226
GCP #3	344651.368	4135775.099	221751.1485	428213.5467	13.52597857	0.194194591	7.52737254
GCP #4	339015.6929	4097192.594	216960.4411	389499.9795	8.82272676	-3.779861194	9.598325798
GCP #5	333403.6287	4119284.209	210849.8733	411479.8759	-24.65275302	4.693482444	5.09555756
GCP #6	333191.526	4135731.269	210316.6369	427915.6544	8.484221991	-2.125603895	8.746440116
GCP #7	340805.125	4117488.75	218279.7451	409846.3297	-7.7101059	3.980161589	8.676832329
GCP #8	331235.4777	4097119.197	209206.6395	389266.0429	-8.098016433	5.899545039	6.01910684
GCP #9	321943.3226	4117114.355	199487.1717	409063.3047	25.30597633	-2.584623857	8.43762407
GCP #10	340046.8907	4127162.972	217304.8112	419497.3476	-24.2432543	-1.443474508	9.28618945
GCP #11	328634.2303	4126430.009	205970.279	418517.9227	19.19239892	-2.751871752	10.3886816
GCP #12	327293.9	4109351.994	205008.5107	401410.7039	10.80541869	-1.974292617	10.98430264
GCP #13	335967.5691	4108236.891	213688.3133	400480.0944	14.10839538	-3.115545195	6.44830239

※ 주 의 내 용

주 의

1. 이 보고서는 통계청에서 시행한 정책연구용역사업의 연구결과 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표 또는 인용할 때에는 반드시 통계청에서 시행한 정책연구용역사업의 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 이 보고서에 대한 저작 재산권 일체와 2차적 저작물 또는 편집저작물의 작성권은 통계청이 소유하며, 통계청은 정책상 필요시 보고서의 내용을 보완 또는 수정 할 수 있습니다.

